

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-188169

(43)Date of publication of application : 08.07.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 27/28

G03F 7/20

G11B 5/127

G11B 5/31

(21)Application number : 05-212198

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 04.08.1993

(72)Inventor : UNNO YASUYUKI

(30)Priority

Priority number : 04247249

Priority date : 24.08.1992

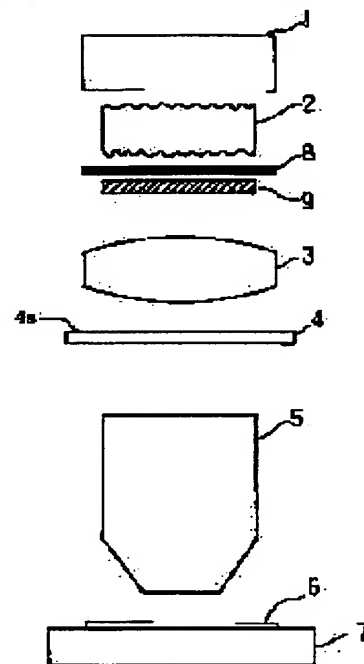
Priority country : JP

(54) METHOD OF IMAGE FORMATION, EXPOSURE SYSTEM, AND MANUFACTURE OF DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an image formation and an exposure system, in which a repetitive pattern is projected using most properly polarized light to obtain a high-resolution image.

CONSTITUTION: A repetitive pattern on a reticle 4 is illuminated by a lighting system. A beam of light diffracted from the pattern is admitted to the pupil of an optical projection system to project the pattern onto a wafer 6. A deflector 9 is used to select a projection beam that is linearly polarized in a plane perpendicular substantially to the direction in which the period of the pattern is minimized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The image formation approach characterized by carrying out image formation of the line-like pattern with the polarization beam which polarized to the longitudinal direction of this pattern.

[Claim 2] The image formation approach of claim 1 characterized by illuminating said pattern by said polarization beam.

[Claim 3] The image formation approach of claim 1 characterized by illuminating said pattern by the beam which is not polarizing and extracting said polarization beam from the beam from said pattern.

[Claim 4] Claims 1 and 2 or the 3 image formation approaches which are characterized by performing image formation of said pattern by two diffraction beams from said pattern substantially.

[Claim 5] The image formation approach of claim 4 characterized by the beam for lighting carrying out oblique incidence to said pattern.

[Claim 6] Said pattern is the image formation approach of claim 4 characterized by having the phase shifter.

[Claim 7] The device manufacture approach which carries out image formation of the line-like pattern to processing Kataue with the polarization beam which polarized to the longitudinal direction of said line, and is characterized by imprinting said pattern to this processing Kataue, and manufacturing the device.

[Claim 8] The device manufacture approach of claim 7 characterized by illuminating said pattern by said polarization beam.

[Claim 9] The device manufacture approach of claim 7 characterized by illuminating said pattern by the unpolarized light beam, and extracting said polarization beam from the beam from said pattern.

[Claim 10] The device manufacture approach of claim 7 characterized by performing image formation of said pattern by two diffraction beams from said pattern substantially.

[Claim 11] The device manufacture approach of claim 10 characterized by the beam for lighting carrying out oblique incidence to said pattern.

[Claim 12] Said pattern is the device manufacture approach of claim 10 characterized by having the phase shifter.

[Claim 13] The aligner characterized by projecting on a substrate said pattern which illuminated the line-like pattern with the polarization beam which polarized to the longitudinal direction of said pattern with the lighting means, and was illuminated with the polarization beam from said lighting means with a projection means, and exposing it.

[Claim 14] Said lighting means is the aligner of claim 13 characterized by making it put slanting ON about said polarization beam to said pattern.

[Claim 15] The aligner characterized by projecting on a substrate said pattern which illuminated the line-like pattern with the unpolarized light beam with the lighting means, and was illuminated with the unpolarized light beam from said lighting means by the polarization beam which polarized to the longitudinal direction of said pattern with the projection means, and exposing it.

[Claim 16] Said lighting means is the aligner of claim 15 characterized by making it put slanting ON about said unpolarized light beam to said pattern.

[Claim 17] The image formation approach characterized by carrying out image formation of the repeat pattern with the polarization beam which polarized in the direction where the period of a repeat becomes the smallest, and the direction which intersects perpendicularly substantially.

[Claim 18] The image formation approach of claim 17 characterized by illuminating said pattern by said polarization beam.

[Claim 19] The image formation approach of claim 17 characterized by illuminating said pattern by the beam which is not polarizing and extracting said polarization beam from the beam from said pattern.

- [Claim 20] Said pattern is the image formation approach of claim 17 characterized by including the pattern which consists of a line and a tooth space.
- [Claim 21] Said pattern is the image formation approach of claim 17 characterized by including the dot-like pattern.
- [Claim 22] Claims 17, 18, 19, and 20 or the 21 image formation approaches which are characterized by performing image formation of said pattern by two diffraction beams from said pattern substantially.
- [Claim 23] The image formation approach of claim 22 characterized by the beam for lighting carrying out oblique incidence to said pattern.
- [Claim 24] Said pattern is the image formation approach of claim 22 characterized by having the phase shifter.
- [Claim 25] The device manufacture approach which carries out image formation of the repeat pattern to processing Kataue with the polarization beam which polarized in the direction where the period of said repeat becomes the smallest, and the direction which intersects perpendicularly substantially, and is characterized by imprinting said repeat pattern to this processing Kataue, and manufacturing the device.
- [Claim 26] The device manufacture approach of claim 25 characterized by illuminating said pattern by said polarization beam.
- [Claim 27] The device manufacture approach of claim 25 characterized by illuminating said pattern by the unpolarized light beam, and extracting said polarization beam from the beam from said pattern.
- [Claim 28] Said pattern is the device manufacture approach of claim 25 characterized by including the pattern which consists of a line and a tooth space.
- [Claim 29] Said pattern is the device manufacture approach of claim 25 characterized by including the dot-like pattern.
- [Claim 30] Claims 25, 26, 27, and 28 or the 29 device manufacture approaches which are characterized by performing image formation of said pattern by two diffraction beams from said pattern substantially.
- [Claim 31] The device manufacture approach of claim 30 characterized by the lighting beam carrying out oblique incidence to said pattern.
- [Claim 32] Said pattern is the device manufacture approach of claim 30 characterized by having the phase shifter.
- [Claim 33] The aligner characterized by projecting on a substrate said pattern which illuminated the repeat pattern with the polarization beam which polarized in the direction where the period of said repeat becomes the smallest with a lighting means, and the direction which intersects perpendicularly substantially, and was illuminated with the polarization beam from said lighting means with a projection means, and exposing it.
- [Claim 34] Said lighting means is the aligner of claim 33 characterized by making it put slanting ON about said polarization beam to said pattern.
- [Claim 35] The aligner characterized by projecting on a substrate said pattern which illuminated the repeat pattern with the unpolarized light beam with the lighting means, and was illuminated with the unpolarized light beam from said lighting means by the polarization beam which polarized in the direction where the period of a repeat becomes the smallest with a projection means, and the direction which intersects perpendicularly substantially, and exposing it.
- [Claim 36] Said lighting means is the aligner of claim 35 characterized by making it put slanting ON about said unpolarized light beam to said pattern.
- [Claim 37] The image projection approach characterized by illuminating a pattern with periodicity by the flux of light of the linearly polarized light corresponding to the periodic direction of this pattern, and projecting this pattern on a predetermined side according to a projection optical system.
- [Claim 38] The image projection approach which illuminates by the flux of light of the linearly polarized light which has plane of polarization in the direction which intersects a pattern with periodicity perpendicularly with the array direction of this pattern, is made to carry out incidence of the diffracted light produced from this pattern to the pupil of a projection optical system, and is characterized by projecting this pattern on a predetermined side.
- [Claim 39] The image projection approach which illuminates by the flux of light which has plane of polarization in the direction which carries out the abbreviation rectangular cross of the pattern which has periodicity through the polarization equipment which can change the polarization direction of the linearly polarized light into arbitration, and can be made to inject the flux of light from an illumination system to the direction where the period serves as the shortest, make carry out the incidence of the diffracted light which produces from this pattern to the pupil of a projection optical system, and is characterized by to project this pattern on a predetermined side.

[Claim 40] The aligner characterized by illuminating the pattern which has the periodicity on a reticle side by the flux of light from an illumination system, and illuminating by the flux of light of the linearly polarized light which has plane of polarization in the direction which carries out the abbreviation rectangular cross of this pattern to the direction where the period of this pattern serves as the shortest in case incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system and the image of this pattern is projected on a wafer side.

[Claim 41] The image projection approach characterized by having projected using the flux of light of the linearly polarized light corresponding to the periodic direction of this pattern in case a pattern with periodicity is illuminated and this pattern is projected on a predetermined side according to a projection optical system.

[Claim 42] The image projection approach characterized by having projected in the array direction of this pattern, and the direction which intersects perpendicularly using the flux of light of the linearly polarized light which has plane of polarization in case a pattern with periodicity is illuminated, incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system and this pattern is projected on a predetermined side.

[Claim 43] The image projection approach characterized by to choose the flux of light which has plane of polarization in the direction which carries out an abbreviation rectangular cross to the direction where the period of this pattern serves as the shortest with polarization equipment, and to project this pattern in case the pattern which has periodicity by the flux of light from an illumination system is illuminated, incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system and this pattern is projected on a predetermined side.

[Claim 44] The aligner characterized by to have chosen and projected the flux of light of the linearly polarized light which has plane of polarization in the direction which carries out an abbreviation rectangular cross to the direction where the period of this pattern serves as the shortest with polarization equipment in case the pattern which has the periodicity on a reticle side by the flux of light from an illumination system is illuminated, incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system and the image of this pattern is projected on a wafer side.

[Claim 45] The semiconductor device manufacture approach characterized by having the process which prepares the original edition with a circuit pattern, and a wafer, and the process which carries out the exposure imprint of the circuit pattern of the original edition at a wafer by one approach of claims 37, 38, 39, 41, 42, and 43.

[Claim 46] The semiconductor device characterized by being manufactured by the manufacture approach of claim 45.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the device manufacture approach using the aligner and this approach of using the image formation approach and this approach.

[0002] In case especially this invention manufactures each device, such as IC, LSI, CCD, a liquid crystal panel, and the magnetic head, it relates to the device manufacture approach using the aligner and this approach using the useful image formation approach and this approach.

[0003] In addition, this invention relates to the aligner using the image projection approach and it which can illuminate an electronic-circuitry pattern (pattern) with the small line breadth on reticle or a mask ("reticle" is called below) side by the suitable flux of light in the stepper who is the manufacturing installation of a semiconductor device, and can be projected by high resolution on a wafer side.

[0004]

[Description of the Prior Art] Since the demand to high integration of semiconductor chips, such as IC and LSI, is increasing, various amelioration for improvement in the so-called resolution of the stepper (cutback projection aligner) who imprints by carrying out cutback projection of the circuit pattern illuminated by ultraviolet radiation is made.

[0005] Conventionally, the approach of enlarging numerical aperture (NA) of a cutback projection lens system, the approach of shortening wavelength of exposure light, etc. have been taken as an approach of heightening resolution. Moreover, recently, apart from these approaches, in order to carry out image formation of the detailed patterns (repeating detailed pattern) with especially periodicity, such as a phase shift method and oblique incidence lighting, effective technique is proposed.

[0006] The image formation of a detailed pattern with periodicity is explained below.

[0007] Drawing 32 is a graph which shows the repeat pattern which consists of three detailed slits, and the pattern location X is taken along the axis of abscissa of a graph, and it has taken the amplitude transmittance T along the axis of ordinate. Light penetrates the part of permeability 1 among drawing, and, as for the part of permeability 0, light is interrupted.

[0008] Incident light will be divided into zero-order and other primary [ + ] high order diffracted lights [ primary / - ] if a repeat pattern with such an amplitude transmittance is illuminated with a coherent light. Among these, what is contributed to formation of an image is only the diffracted light which carries out incidence to the pupil of a projection optical system, and, generally zero-order and the primary [ + ] diffracted light [ primary / - ] carry out incidence to the pupil of a projection optical system.

[0009] Drawing 33 is the explanatory view showing the amplitude on zero-order and the primary [ \*\* ] pupil of the diffracted light. 100,101,102 in drawing expresses the peak location of zero-order and the primary [ + ] diffracted light [ primary / - ], and IA expresses the amplitude, respectively.

[0010] Drawing 34 shows the intensity distribution of the pattern image formed of zero-order and the primary [ \*\* ] diffracted light. The axis of ordinate shows reinforcement I. In the usual image formation, if the line breadth of a pattern will become very small and will carry out incidence only of the zero-order diffracted light to the pupil of a projection optical system, the image of a pattern will no longer be formed.

[0011] On the other hand, by the phase shift method, in case light penetrates the above-mentioned repeat pattern, by manipulating at a pattern so that the phase of the diffracted light from a \*\*\*\*\* slit may shift 180 degrees, it is made for a diffracted-light component zero-order in the pupil top of a projection optical system not to appear, and the image of a pattern is formed by the primary [ + ] diffracted light [ primary / - ].

[0012] When the repeat pattern which consists of three detailed slits is projected using a phase shift method, the amplitude distribution made on the pupil of a projection optical system is shown in drawing 35 . 103,104

in drawing expresses the peak location of the primary [ + ] diffracted-light component [ primary / - ], respectively. In this case, about the repeat period of a pattern, it is the same, then the distance between the peak locations 103,104 becomes half compared with the distance between the peak locations of the diffracted light which is the 1st [ \*\* ] order of drawing 33 . If a phase shift method is used, since spatial frequency of a pattern can be seemingly made small, the primary [ \*\* ] diffracted light from a more detailed pattern carries out incidence on a pupil. Therefore, resolution improves.

[0013] Although the amplitude distribution on the pupil of drawing 33 is a thing at the time of carrying out incidence of the light from a vertical direction to the flat surface on which the pattern was drawn, an oblique incidence method shifts the location of amplitude distribution in a longitudinal direction on a pupil by making this flat surface carry out incidence of the light from across.

[0014] Drawing 36 is the explanatory view showing the amplitude distribution on the pupil at the time of making it put slanting ON about light at a pattern repeatedly, as zero-order and the primary [ + ] diffracted light enter on a pupil. 105,106 in drawing expresses the peak location of zero-order and the primary [ + ] diffracted light, respectively.

[0015] Considering forming an image by the two diffracted lights shown in drawing 36 , by the oblique incidence method as well as the case of a phase shift method, the diffracted light from a more detailed pattern can reach on a pupil, and resolution improves.

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When the pattern of periodicity was illuminated in the effectiveness of improvement in the resolution by the phase shift method mentioned above or oblique incidence illumination, it became clear from the result of the simulation which this invention person performed that the polarization condition of light is concerned greatly. Therefore, if the polarization condition of the illumination light is not changed into the optimal condition to a pattern, the trouble that improvement in big resolution is not obtained even if it uses a phase shift method, oblique incidence illumination, etc. will arise.

[0017] The object of this invention is to offer the approach of carrying out device manufacture using the aligner and this approach using the suitable image formation approach and this suitable approach which were improved carrying out image formation of the detailed pattern.

[0018] In addition, in case this invention projects a pattern with periodicity on a predetermined side by the projection optical system, it aims at offer of the aligner using the suitable image projection approach and suitable it for manufacture of the semiconductor device which can be projected by high contrast by making the polarization condition of the flux of light of using for projection correspond in the periodic direction of a pattern, and setting it up appropriately, maintaining high resolution. Furthermore, it aims at offer of the manufacture approach of the semiconductor device of a high degree of integration.

[0019]

[Means for Solving the Problem] (1-1) The 1st gestalt of this invention is characterized by carrying out image formation of said pattern with the polarization beam which polarized to the longitudinal direction of said pattern in the image formation approach which carries out image formation of the line-like pattern.

[0020] (1-2) The 2nd gestalt of this invention is characterized by carrying out image formation of the line-like pattern to processing Kataue, and carrying out image formation of said pattern with the polarization beam which polarized to the longitudinal direction of said pattern in the device manufacture approach which imprints said pattern to this processing Kataue.

[0021] (1-3) The 3rd gestalt of this invention is characterized by having a means to illuminate said pattern by the polarization beam which polarized to the longitudinal direction of said pattern in the aligner which exposes a substrate by the line-like pattern, and a means to project said pattern illuminated by said lighting means on said substrate.

[0022] (1-4) The 4th gestalt of this invention is characterized by having a lighting means to illuminate said pattern with an unpolarized light beam, and a projection means to project said pattern illuminated by said lighting means on said substrate by the polarization beam which polarized to the longitudinal direction of said pattern in the aligner which exposes a substrate by the line-like pattern.

[0023] (1-5) The 5th gestalt of this invention is characterized by carrying out image formation of said pattern with the polarization beam which polarized in the direction where the period of a repeat becomes the smallest, and the direction which intersects perpendicularly substantially in the image formation approach which carries out image formation of the repeat pattern.

[0024] (1-6) The 6th gestalt of this invention is characterized by carrying out image formation of the repeat pattern to processing Kataue, and carrying out image formation of said pattern with the polarization beam

which polarized in the device manufacture approach which imprints said repeat pattern to this processing Kataue in the direction where the period of a repeat becomes the smallest, and the direction which intersects perpendicularly substantially.

[0025] (1-7) The 7th gestalt of this invention is characterized by to have a lighting means illuminate said pattern by the polarization beam which polarized in the direction where the period of a repeat becomes the smallest in the aligner which exposes a substrate by the repeat pattern, and the direction which intersects perpendicularly substantially, and a projection means project said pattern illuminated by said lighting means on said substrate.

[0026] (1-8) The 8th gestalt of this invention is characterized by to have a means project said pattern illuminated by lighting means to illuminate said pattern with an unpolarized light beam, and said lighting means on said substrate by the polarization beam which polarized in the direction where the period of a repeat becomes the smallest, and the direction which intersects perpendicularly substantially in the aligner which exposes a substrate by the repeat pattern.

[0027] (1-9) In this invention, when illuminating a pattern with a polarization beam, form a polarizing plate (film) on the substrate with which the pattern concerned was formed, establish the light sources, such as laser which emits a polarization beam, or prepare a polarizing plate (film) into the optical system for this lighting.

[0028] Moreover, in this invention, when carrying out image formation of the pattern illuminated with the unpolarized light beam with a polarization beam, a polarizing plate (film) is formed on substrates, such as a mask with which the pattern concerned was formed, or a polarizing plate (film) is prepared into the optical system for this image formation.

[0029] It constitutes from a desirable gestalt of this invention so that bearing of the polarizing plate (film) of the above-mentioned illumination-light study system or image formation optical system can be changed and the polarizing plate (film) concerned can be rotated around the optical axis of a system. The polarization beam which polarized towards desired by this configuration can be formed.

[0030] 1/2 wavelength plate (film) is formed into the above-mentioned illumination-light study system or image formation optical system, and it constitutes from an another desirable gestalt of this invention so that bearing of the optical axis of the 1/2 wavelength plate (film) concerned can be changed and the 1/2 wavelength plate (film) concerned can be rotated around the optical axis of a system. The polarization beam which polarized towards desired by this configuration can be formed.

[0031] Moreover, in this invention, the pattern which is different from each other on a substrate is formed, and when the longitudinal directions of these patterns differ mutually or the directions (the minimum period direction) where the period of the repeat of these patterns is the smallest differ mutually, image formation of each pattern is carried out by the polarization beam corresponding to the direction which intersects perpendicularly in the longitudinal direction or/and the minimum period direction of each pattern.

[0032] When performing such image formation simultaneously, where the polarizing plate (film) corresponding to them is prepared for every pattern, an unpolarized light beam is supplied, or where 1/2 wavelength plate (film) for making other patterns other than one pattern produce the polarization corresponding to it or them is formed, the polarization beam corresponding to said one pattern is supplied. This polarizing plate (film) and 1/2 wavelength plate (film) are good to prepare at least in one side by the side of the optical incidence of a pattern, or irradiation appearance.

[0033] When performing such image formation one by one, it constitutes like the desirable gestalt of the above [ an illumination-light study system or image formation optical system ], and the polarization beam corresponding to each pattern is generated.

[0034] With the desirable gestalt of this invention, said pattern is illuminated by the lighting beam from an oblique position, or a phase shifter is supplied to said pattern, and image formation is substantially performed by two diffraction beams from said pattern.

[0035] (1-10) The image projection approach of this invention illuminates a pattern with periodicity (1-10-I) by the flux of light of the linearly polarized light corresponding to the periodic direction of this pattern, and it is characterized by projecting this pattern on a predetermined side according to a projection optical system.

[0036] (1-10-\*\*) It illuminates by the flux of light of the linearly polarized light which has plane of polarization in the direction which intersects a pattern with periodicity perpendicularly with the array direction of this pattern, incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system, and it is characterized by projecting this pattern on a predetermined side.



[0037] (1-10-\*\*) It illuminates by the flux of light which has plane of polarization in the direction which carries out the abbreviation rectangular cross of the pattern which has periodicity through the polarization equipment which can change the polarization direction of the linearly polarized light into arbitration, and can be made to inject the flux of light from an illumination system to the direction where the period serves as the shortest, the incidence of the diffracted light which produces from this pattern carries out to the pupil of a projection optical system, and it is characterized by to project this pattern on a predetermined side.

[0038] (1-10-\*\*) In case a pattern with periodicity is illuminated and this pattern is projected on a predetermined side according to a projection optical system, it is characterized by having projected using the flux of light of the linearly polarized light corresponding to the periodic direction of this pattern.

[0039] (1-10-\*\*) In case a pattern with periodicity is illuminated, incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system and this pattern is projected on a predetermined side, it is characterized by having projected in the array direction of this pattern, and the direction which intersects perpendicularly using the flux of light of the linearly polarized light which has plane of polarization.

[0040] (1-10-\*\*) In case the pattern which has periodicity by the flux of light from an illumination system is illuminated, incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system and this pattern is projected on a predetermined side, it is characterized by to choose the flux of light which has plane of polarization in the direction which carries out an abbreviation rectangular cross to the direction where the period of this pattern serves as the shortest with polarization equipment, and to project this pattern.

[0041] (1-11) Moreover, illuminate the pattern which has the periodicity on a reticle side by the flux of light from an illumination system (1-11-I) as an aligner of this invention. In case incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system and the image of this pattern is projected on a wafer side, it is characterized by illuminating by the flux of light of the linearly polarized light which has plane of polarization in the direction which carries out the abbreviation rectangular cross of this pattern to the direction where the period of this pattern serves as the shortest.

[0042] (1-11-\*\*) In case the pattern which has the periodicity on a reticle side by the flux of light from an illumination system is illuminated, incidence of the diffracted light produced from this pattern is carried out to the pupil of a projection optical system and the image of this pattern projects on a wafer side, it is characterized by to have chosen and projected the flux of light of the linearly polarized light which has plane of polarization in the direction which carries out an abbreviation rectangular cross to the direction where the period of this pattern serves as the shortest with polarization equipment.

[0043]

[Example] Before explaining each example of this invention first, the so-called scalar diffraction theory used for the simulation of a general image formation property and the theory with a precision higher than the above-mentioned scalar diffraction theory which this invention person used for the simulation are explained.

[0044] In a scalar diffraction theory, if an objective pattern is illuminated, the Fourier transform image of that pattern will be formed on the entrance pupil of a projection optical system, the Fourier transform of this Fourier transform image will be again carried out within the limits of the numerical aperture (NA) of a projection optical system, and the pattern image of the amplitude distribution on the image surface will be formed. When this is expressed by the formula, the amplitude  $A(x, y)$  in the point on the image surface  $(x, y)$  is [0045].

[Equation 1]

$$A(x, y) = \iint F(U(x_1, y_1)) \exp\{ik(\alpha x + \beta y)\} d\alpha d\beta \quad \text{と書ける。}$$

The inside  $F$  of a formula  $(U(x_1 \text{ and } y_1))$  is the Fourier transform of the amplitude transmittance  $U$  of a pattern  $(x_1 \text{ and } y_1)$ , and is carrying out the Fourier transform of this Fourier transform again within the limits of the pupil surface decided by numerical aperture of a projection optical system. However, as for the inside of a formula  $(\alpha, \beta)$ , it is a coordinate on a pupil surface and  $F(U(x_1 \text{ and } y_1))$  has become the function of  $(\alpha, \beta)$ .

[0046] although it is a formula when this formula has the coherent illumination light -- the illumination light -- a part -- although some treatment becomes complicated also when coherent, it is fundamentally the same.

[0047] Although the right result was obtained by the simulation using the formula described above when the numerical aperture of a projection optical system was small, it became clear that the problem of flume shoes



that the numerical aperture becomes large arises by examination which this invention person performed.

[0048] The first trouble of a top type is that the polarization condition of incident light is not taken into consideration. This is explained using drawing. The example of the repeat pattern which consists of the three above-mentioned slits is used for explanation.

[0049] Drawing 26 is drawing the amplitude distribution on the pupil shown by drawing 33 on the reference spherical surface 111 on the basis of the Gauss image point 110 of a projection optical system. The amplitude in the point that the amplitude in the point 110 on the image surface 112 was decided by the integral of the amplitude on the reference spherical surface 111 when the wave aberration of a projection optical system was disregarded, and only distance  $x$  shifted from the point 110 on the image surface 112 is calculated by considering a certain phase contrast decided from the coordinate on distance  $x$  and the reference spherical surface 111, and integrating with the amplitude on the reference spherical surface 111.

[0050] In order that the point may simplify the talk from here, an argument will be restricted to count of the amplitude in a point 110. Moreover, the axis of coordinates is defined here.

[0051] As shown in drawing 26, make an optical axis into the  $z$ -axis, and let a  $x$  axis and the shaft of a direction vertical to space be the  $y$ -axes for a shaft vertical to the  $z$ -axis within space. By the view by the scalar diffraction theory expressed above, the amplitude in a point 110 is calculated in the form which carried out the guide peg of the amplitude on the reference spherical surface 111 as it was.

[0052] Even if there is a thing called polarization, it compares to light and it is completely coherent light, if the polarization directions differ, it will not interfere thoroughly, and if it lies at right angles, for example, interference will not take place at all.

[0053] If a slit is illuminated with light from a direction parallel to the  $z$ -axis, on the reference spherical surface 111, the amplitude distribution of drawing 26 will be formed, noting that the longitudinal direction of the slit which constitutes a repeat pattern is parallel to the  $y$ -axis and a repeat pattern has a period in the direction of a  $x$  axis. The illumination light is the linearly polarized light light which polarized to  $y$  shaft orientations (direction parallel to a slit), and if change of the polarization direction can be disregarded within a projection optical system, the polarization direction in each point of the above-mentioned amplitude distribution as well as the illumination light turns into  $y$  shaft orientations in all locations.

[0054] Supposing the amplitude distribution on the reference spherical surface 111 is formed only with the light which polarized to  $y$  shaft orientations among the light diffracted to the slit, all the polarization directions of the light which reaches on the image surface 112 will also become the same. Also in this case, the amplitude in a point 110 can be found by integrating with the amplitude on the reference spherical surface 111 as it is.

[0055] When the illumination light is the linearly polarized light light which polarized in the direction of a  $x$  axis (direction which intersects perpendicularly with a slit), as it is shown in drawing 27 on the other hand, when the typical beams of light 120-124 turned to the point 110 from the reference spherical surface 111 are considered, the polarization direction of the conditions that the polarization direction and the travelling direction of light intersect perpendicularly to the beams of light 120-124 becomes like the arrow head in [ 125-129 ] drawing, respectively. The polarization in this case has a  $x$  or  $z$  car polarization component, and it is necessary to consider the amplitude in a point 110 for every polarization component. The luminous intensity in a point 110 serves as the sum total of the reinforcement obtained from the amplitude by each polarization component.

[0056] Next, the result of having performed the simulation with the application of this view is explained. In the image formation using zero-order [ which was first explained by drawing 33 ], and the primary [ + ] diffracted-light component [ primary / - ], the final intensity distribution acquired by of the which direction of the direction of a  $x$  axis and  $y$  shaft orientations a polarization component is used among the light diffracted from a slit as opposed to the two polarization directions of the illumination light become like drawing 28 and drawing 29, respectively.

[0057] Drawing 28 is a case with the polarization direction of the illumination light parallel to a slit, and an image is formed only of the polarization component of  $y$  shaft orientations. On the other hand, drawing 29 is a case with the polarization direction of the illumination light vertical to a slit, and an image is formed as the sum total of  $x$  polarization components and  $z$  polarization component.

[0058] What evaluated the image formation using two of the three diffracted lights, zero-order and the primary [ + ] order [ 1st / - ], by the same simulation like a phase shift method or oblique incidence illumination is shown below.

[0059] If only the result of the intensity distribution on the image surface is shown, it will become the intensity distribution as which the polarization direction indicates it in the intensity distribution as which the

polarization direction of the illumination light indicates it in drawing 30 in the case of y shaft orientations (it is parallel to a slit) at drawing 31 in the case of the direction of a x axis (vertical to a slit).

[0060] Here, when the polarization direction is vertical to a slit, it is the effect of the polarization component of the direction of z, and compared with the case where the polarization direction is parallel to a slit, the contrast of an image is quite bad. Although intensity distribution become drawing 30 and the thing which averaged the intensity distribution of drawing 31 since the illumination light is in the condition of not polarizing, in the usual exposure, compared with the intensity distribution of drawing 31, contrast deteriorates even in such a case.

[0061] Thus, it became clear from the result of a simulation with a high precision which this invention person performed that the polarization direction of the illumination light has big effect in an image formation property.

[0062] In order to raise resolution especially, when a phase shift method or oblique incidence illumination is applied, the resolution beyond expectation is obtained by controlling the polarization direction of the illumination light appropriately to a pattern with the periodicity to project.

[0063] The above is as a result of the simulation about the image formation property which this invention performed.

[0064] Next, each example of this invention is explained.

[0065] Drawing 1 is the important section schematic diagram of the example 1 when applying the image projection approach of this invention to the stepper for device manufacture of a semiconductor device, CCD, a liquid crystal panel, the magnetic head, etc. (step & repeat-die projection aligner).

[0066] One is the light source of an ultrahigh pressure mercury lamp etc. among drawing. The light which came out of the light source 1 illuminates pattern (circuit pattern) 4a on the 4th page of reticle with the lighting lens 3 through the aperture 8 and the polarization equipment 9 by which quantity of light distribution was equalized with the optical integrator 2. Incidence of the light diffracted by pattern 4a of reticle 4 is carried out to the projection lens 5, and it forms the image of pattern 4a on semi-conductor UEHA 6 which appeared on the stage 7 through the projection lens 5.

[0067] In case only the part of the light chosen and chosen which was suitable for lighting with the aperture 8 of the place which is the aperture diaphragm which all those flux of lights did not reach the lighting lens 3, but the light injected from the optical integrator 2 here approached the optical integrator 2, and was placed penetrates polarization equipment 9, the polarization condition is changed into the linearly polarized light from the condition of a circle, elliptically polarized light, or unpolarized light. Polarization equipment 9 can change the polarization direction of the linearly polarized light according to the conditions of the direction of the repeat of pattern 4a etc.

[0068] Circuit pattern 4a with the small line breadth for performing the imprint of a up to [\*\*\*\* UEHA 6] is drawn on reticle 4, and the illumination light which carries out incidence to reticle 4 through the lighting lens 3 penetrates reticle 4 according to the above-mentioned circuit pattern 4a. Sensitive material, such as a resist, is applied on semi-conductor UEHA 6, and it is possible to imprint the image of circuit pattern 4a there.

[0069] On semi-conductor UEHA 6, the projection lens 5 contracted to the predetermined scale factor (generally 1/5 or 1/10), and has projected the image of circuit pattern 4a on reticle 4. Reticle 4 and semi-conductor UEHA 6 are adjusted to position relation by driving a stage 7 in that case. Termination of the exposure to a certain shot on semi-conductor UEHA 6 repeats that specified quantity migration is horizontally carried out by the stage 7, and the semi-conductor wafer 6 exposes the other shots on semi-conductor UEHA 6 there.

[0070] In this example, the repeat pattern which put in order the slit prolonged in the direction of y shown in drawing 2 as circuit pattern 4a on reticle 4 in the 5 x directions and which has periodicity in the x directions is used. By opening, the perimeter of these openings 10-4 consists of the protection-from-light section, and, as for light, the inside 10-14 of drawing penetrates only this part. Moreover, an alternate long and short dash line 15 is the datum line drawn in the direction of a repeat of the slit-like openings 10-14 (x directions), and is used by next explanation.

[0071] Here, the contrast of an image is raised when a chief ray illuminates reticle 4 by the flux of light which inclined from the perpendicular direction to reticle 4.

[0072] Drawing 3 is the sectional view which met the alternate long and short dash line 15 of pattern 4a of drawing 2. It is made for the chief ray of the flux of light to become slanting in ZX flat surface which pattern 4a has repeated as a direction to which the flux of lights 20 and 21 are leaned by oblique incidence illumination as shown in drawing 3. As shown in drawing 4, opening of an aperture 8 consists of this

examples, in order to fulfill this condition. In addition, the x axis is turned to in the direction in which the period of the repeat of pattern 4a becomes the smallest.

[0073] In drawing 4, a shadow area 22 is a protection-from-light field currently shaded so that light may not pass. Two circular openings 23 and 24 are light transmission fields, and the light from these fields 23 and 24 contributes them to the image formation of pattern 4a. 25 are the datum line drawn so that it might pass along the core of the circular openings 23 and 24 among drawing.

[0074] Next, incidence of the illumination light chosen by the aperture 8 of drawing 1 is carried out to polarization equipment 9. As polarization equipment 9 is shown in drawing 5, only the polarization light of the direction of y shown by the drawing Nakaya mark 26 among the polarization components of the light which carries out incidence from the top face of polarization equipment 9 is made to penetrate, and the polarization light of other directions has structure which is interrupted. The alternate long and short dash line 27 in drawing is the datum line drawn in the direction which intersects perpendicularly with the above-mentioned arrow head 26. Arrangement in the level surface of the reticle 4 of drawing 1, an aperture 8, and polarization equipment 9 is set up so that the datum lines 15, 25, and 27 shown in drawing 2, 4, and 5, respectively may become in parallel with each other.

[0075] By burning the polarization direction of the oblique incidence illumination light with the image formation of pattern 4a by the above configurations, as it intersects perpendicularly in the x directions in which the period of the repeat of pattern 4a serves as min as it becomes in the direction parallel to the direction of a slit of pattern 4a of y, as drawing 30 explained, it is high resolution and the high image of contrast has been obtained on semi-conductor UEHA 6. The case of the repeat pattern on a dot also has the same effectiveness as a pattern on reticle 4.

[0076] Next, in this example, the case where each has length and two patterns which have periodicity in the horizontal 2-way of (y, x) as shown not only in the single pattern with which periodicity has pattern 4a on reticle 4 in the one direction like drawing 2 but in drawing 6 is explained.

[0077] In this case, the repeat pattern of the part surrounded with the broken line 30 of drawing 6 can perform a projection imprint good by using an above-mentioned approach. However, since the polarization direction of the illumination light becomes in the direction which intersects perpendicularly with a slit about the repeat pattern of the part surrounded with the broken line 31, the same effectiveness is not acquired.

[0078] So, in this example, the reticle of drawing 6 is divided into the reticle of two sheets shown in drawing 7 and drawing 8, and is exposed independently. It burns with the linearly polarized light light which polarized in the direction of y as mentioned above about the pattern of drawing 7. Namely, about the pattern of drawing 8 So that the illumination light may carry out oblique incidence to reticle in the flat surface which a pattern repeats and the polarization direction of the illumination light may turn into a direction parallel to the longitudinal direction of a slit That is, after fixing since an aperture 8 and polarization equipment 9 are rotated 90 degrees centering on an optical axis in the level surface with a non-illustrated driving gear so that it may become the linearly polarized light light which polarized in the x directions, it is burning. This approach can be similarly applied, when the pattern of a slit becomes not only in the 2-way of length and width but in other directions.

[0079] Moreover, as shown in drawing 6, when there are two kinds of repeat patterns in one reticle, it is made to carry out sequential lighting of each pattern using the masking blade prepared in reticle and a location [\*\*\*\*], and each pattern is illuminated with polarization light by the above-mentioned approach.

[0080] Although this example explained noting that the pattern on reticle was formed in the five line & tooth space, it is applicable similarly about line & tooth-space patterns other than five. Moreover, the ratio of the width of face of a line & tooth space is not restricted to 1 to 1, and even when the period of a pattern becomes to some extent irregular further, this invention can be applied similarly.

[0081] Moreover, in this example, polarization equipment 9 may be arranged between the lighting lens 3 and reticles 4, between reticle 4 and the projection lenses 5, or inside the projection lens 5 (on a pupil surface).

[0082] When polarization equipment 9 has been arranged between reticle 4 and the projection lens 5, the polarization light which polarized in the specific direction among the diffracted lights diffracted by pattern 4a according to the pattern configuration on reticle 4 by polarization equipment 9 is chosen, and only this selected polarization flux of light comes to carry out incidence to the projection lens 5. And the image of pattern 4a is projected on UEHA 6 by this polarization flux of light.

[0083] Next, the example 2 of this invention is explained. the equipment configuration of an example 2 -- the example 1 of drawing 1, and abbreviation -- it is the same. The point that an example 2 differs from an example 1 is having applied the phase shift method to the pattern on reticle 4.

[0084] Drawing 9 is the explanatory view of pattern 4a on the reticle 4 of this example. Although the point which consists of the openings 40-44 of the shape of a slit to which pattern 4a extends in the five directions of y is the same as the example 1 of drawing 1 as shown in this drawing, the pattern of drawing 9 has the description in the point that the phase shifter to which the phase of the light penetrated to shadow areas 40, 42, and 44 is changed 180 degrees to the light which penetrates parts 41 and 43 is prepared.

[0085] Moreover, in this example, what can penetrate only the light from opening of the circular part 46 of the core surrounded in the protection-from-light section of a shadow area 45 as shown in drawing 10 as a configuration of an aperture 8 is used.

[0086] He combines the same polarization equipment 9 as an example 1 using pattern 4a and an aperture 8, and is trying for the polarization direction of the illumination light to turn into a direction (the direction of y) parallel to the longitudinal direction of a slit to pattern 4a in drawing 9 in this example. The good pattern is burned using the phase shift method by this.

[0087] Moreover, even when it is two or more sorts which the repeat has produced in the direction in which pattern 4a on reticle 4 is different from each other like drawing 6 instead of one kind like drawing 9, it can be coped with by using two or more reticles or burning by dividing using a masking blade for every pattern of the same direction, like an example 1.

[0088] Next, the example 3 of this invention is explained. the equipment configuration of an example 3 -- the example 1 of drawing 1, and abbreviation -- it is the same.

[0089] In this example, what is shown in drawing 11 is used as pattern 4a on reticle 4. Among drawing 11, four are reticle and determine that system of coordinates become vertical to reticle 4 about reticle 4, parallel, and the z-axis in xy side as well as said each example. 210-214 are slit-like openings of Pattern A among drawing 11, and openings 210-214 constitute the pattern repeatedly in the x directions shown by the arrow head 215.

[0090] 220-224 are slit-like openings of Pattern B similarly, and openings 220-224 constitute the pattern repeatedly in the direction of y shown by the arrow head 225. The phase shifting method is applied to the extent that Pattern A and Pattern B are alike, respectively. The detail of the patterns A and B which applied the phase shift method is explained using drawing 12.

[0091] Drawing 12 draws the cross section which met the arrow head 215 about the pattern A shown in drawing 11. 230 are a transparent glass substrate among drawing 12, and the slash section 231 is the protection-from-light section which consists of chromium. The periodic pattern A is formed of the protection-from-light section 231 and openings 210-214. A phase shift method raises the resolution of an image formation system by changing the phase of the light which penetrates opening by a unit of 180 degrees between adjacent openings, and shows the phase shifter to which the phase of the light in which 32-34 in drawing 12 penetrate that is changed 180 degrees.

[0092] The sectional view which met the arrow head 225 also about the periodic pattern B becomes being the same as that of drawing 12. Since what is necessary is just to perform lighting from a direction (the direction of z) vertical to reticle 4, as shown in drawing 13 as an aperture 8, the surrounding slash section 240 uses the protection-from-light section and the thing from which 241 of a core is opening for the image formation of the pattern which applied the phase shift method.

[0093] In this example, what is shown in drawing 14 as polarization equipment 9 is applied. Polarization equipment 9 is constituted so that only the polarization light of the direction of y shown by both the arrow heads 50 among drawing 14 may be made to penetrate there among the light which carries out incidence. That is, a stepper's illumination light in this example turns into linearly polarized light which has plane of polarization in y shaft orientations, after penetrating polarization equipment 9.

[0094] When pattern 4a on reticle 4 is illuminated with the above configuration, the relation of the polarization direction of Patterns A and B and the illumination light comes to be shown in drawing 15 and drawing 16. That is, to Pattern A, as shown in drawing 15, the polarization direction 60 becomes the longitudinal direction of a slit and parallel which constitute a pattern, and this fulfills the conditions whose resolution improves as above-mentioned.

[0095] As shown in drawing 16 to Pattern B on the other hand, the polarization direction 61 is vertical to the longitudinal direction of the slit which constitutes a pattern, and, the way things stand, an improvement of the resolution like Pattern A cannot do it to Pattern B.

[0096] Then, Pattern B is made to rotate the plane of polarization of the linearly polarized light flux of light which carries out incidence 90 degrees, and it enables it to illuminate Pattern B in this example according to the linearly polarized light flux of light of a direction parallel to the slit of Pattern B.

[0097] Although drawing 17 is the top view of reticle 4 having shown Pattern A and Pattern B like drawing

11 , the point which is polarizing the polarization inverter 70 made to rotate the plane of polarization of the linearly polarized light flux of light which carries out incidence of the reticle 4 of drawing 17 just before Pattern B 90 degrees is the description. As a polarization inverter 70, 1/2 wavelength plate is applicable, for example. The situation of the plane-of-polarization revolution at the time of applying 1/2 wavelength plate is explained using drawing 24 .

[0098] The flux of light if the direction of the optical axis 82 of a polarization inverter (here 1/2 wavelength plate) is arranged to the linearly polarized light flux of light which progressed in the direction of an arrow head 80, and polarized in the direction of both the arrow heads 81 (the direction of y) so that a x axis and the include angle of 45 degrees may be made, after penetrating the polarization inverter 70 progresses in the direction of an arrow head 83 among drawing 18 , and it is changed into the linearly polarized light flux of light which polarized in the direction of a x axis as both the arrow heads 84 showed.

[0099] By arranging the polarization inverter 70 just before Pattern B comes to show the relation of the polarization direction of Pattern B and an illumination-light bundle to drawing 19 . That is, since the direction of the polarization which both the arrow heads 90 show becomes relation parallel to the slit which constitutes Pattern B, improvement in the same resolution as Pattern A can be realized also to Pattern B.

[0100] If the optical matter which had optical activity as a polarization inverter 70 is applied, since it becomes possible to control by thickness of the polarization inverter 70 and the rotatory polarization include angle of the linearly polarized light flux of light can set the magnitude of the rotatory polarization of the linearly polarized light flux of light as a value like [ other than 90 degrees ] by control of thickness in that case, improvement in resolution of it will be attained to the repeat pattern of various directions.

[0101] Although this example explained noting that the phase shift method was applied to the pattern which illuminates, it cannot be overemphasized that it can apply even when oblique incidence illumination is used.

[0102] There is a modification which forms polarization equipment 9 on the front face of reticle 1 or a rear face in each above example.

[0103] Drawing 20 is the important section schematic diagram of the example 4 when applying the image projection approach of this invention to the stepper for manufacture of a semiconductor device. The same code number is given to the same element as the element shown by drawing 1 among drawing.

[0104] In drawing 20 , since it is the same as that of the thing of drawing 1 , the light source 1, the optical integrator 2, the lighting lens 3, reticle 4, the projection lens 5, the semi-conductor wafer 6, and stage 7 grade are omitted here, respectively.

[0105] The point that an example 4 differs from examples 1-3 is a location in the optical path in which polarization equipment is installed. In this example, polarization equipment 59 is arranged just before reticle 54 (between the lighting lens 3 and reticles 54), and it has composition which controls the polarization condition of the light which carries out incidence to reticle 54 just before reticle 54.

[0106] Here, pattern 54a on the reticle 54 of this example consists of a repeat pattern which consists of the slits 60-64 prolonged in a lengthwise direction (the direction of y) as shown in drawing 21 , and a repeat pattern which consists of the slits 65-69 prolonged in a longitudinal direction (x directions). Thus, what is necessary is just to carry out opening of an aperture 8 like drawing 22 , in order to raise resolution with oblique incidence lighting to the pattern of the direction in every direction.

[0107] The circular openings 71-74 prepared in four corners are the light transmission section in the protection-from-light section, and the slash section 70 in drawing 22 makes the light from these openings 71-74 put to reticle 4 slanting ON.

[0108] In this example, polarization equipment 59 is arranged so that the polarization direction of the light which carries out incidence to pattern 54a may always be parallel to the longitudinal direction of a slit to such oblique incidence illumination.

[0109] 59a and 59b in drawing 21 are a polarization member which makes only the linearly polarized light light which polarized in one certain direction among the light which carried out incidence penetrate, and polarization member 59a is installed so that only the polarization light which polarized among the light which carried out incidence in the direction (the direction of y) parallel to the longitudinal direction of slits 60-64 may be penetrated.

[0110] On the other hand, polarization member 59b is arranged so that only the polarization light which polarized in the direction (x directions) parallel to the longitudinal direction of slits 65-69 may be made to penetrate. What determined the polarization shaft orientations according to the corresponding pattern, and stuck the thin film-like polarizing plate on reticle 54 as polarization equipment 59 is applicable.

[0111] Although this example explained the thing with the slit prolonged in a 2-way in every direction as pattern 54a on reticle 54, it is applicable similarly to a pattern with the slit prolonged in the other direction.



[0112] In addition, in this example, polarization equipment 9 may be arranged immediately after reticle 54 (between reticle 54 and the projection lenses 55).

[0113] At this time, even if polarization equipment 9 has the slit prolonged in the various directions on reticle 54, it enables it to choose the polarization light which polarized to the longitudinal direction of a slit independently for every slit of each direction among the light diffracted from the slit, and it is made to carry out image formation with this polarization light.

[0114] Next, the example 5 of this example is explained. the equipment configuration of an example 5 -- the example 1 of drawing 1 , and abbreviation -- it is the same. An example's 5 differing from an example 4 is having applied the phase shift method to the pattern on reticle 4.

[0115] Drawing 23 is the explanatory view of pattern 54a on the 54th page of the reticle of this example. At the point which consists of slits 80-84 prolonged in a lengthwise direction (the direction of y), and slits 85-89 prolonged in a longitudinal direction (x directions), although the pattern on the reticle 54 shown in this drawing is the same as the pattern of drawing 21 In this example, it differs in that the phase shift member to which the phase of the light penetrated into the parts 80, 82, 84, 85, 87, and 89 to which the slash is given is changed 180 degrees to the light which penetrates parts 81, 83, 86, and 88 to the slit in drawing is prepared.

[0116] When the light or unpolarized light light which is a polarization member and polarized to the circle or the ellipse at reticle 54 carries out incidence of 59a and the 59b, they carry out incidence only of the polarization light which polarized to the longitudinal direction of a slit among the light to a slit. Moreover, what was shown in drawing 13 like the case of an example 2 as an aperture 8 is used.

[0117] At this example, by the above configurations, even when improvement in resolution is aimed at by the phase shift method and the pattern of the direction in every direction is on reticle 54, image formation is carried out on the semi-conductor wafer 6 with the polarization light suitable for each pattern.

[0118] Although explained here with the slit prolonged in a 2-way in every direction as a pattern on reticle 54, it is applicable similarly to a pattern with the slit prolonged in the other direction.

[0119] Although shown here taking the case of the case where the pattern on reticle is formed in the five line & tooth space, it is applicable similarly about line & tooth-space patterns other than five. Moreover, the ratio of the width of face of a line & tooth space is not restricted to 1 to 1, and even when the periodicity of a pattern becomes to some extent irregular further, it can be applied similarly.

[0120] Moreover, it is good also considering the laser which emits linearly polarized light light not using a lamp and polarization equipment as the light source for exposure. Moreover, when using the time of using polarization equipment, and laser, 1/2 wavelength plate is put into an optical path, this is rotated, and you may make it make a desired polarization light.

[0121] Next, the example of the device manufacture approach of having used the aligner which gave [ above-mentioned ] explanation is explained. Drawing 24 shows the flow of manufacture of semiconductor devices (semiconductor chips, such as IC and LSI, or a liquid crystal panel, CCD, etc.).

[0122] The circuit design of a semiconductor device is performed at step 1 (circuit design). The mask in which the designed circuit pattern was formed is manufactured at step 2 (mask fabrication).

[0123] On the other hand, at step 3 (wafer manufacture), a wafer is manufactured using ingredients, such as silicon. Step 4 (wafer process) is called a before process, and forms the circuit of an example on a wafer with a lithography technique using the mask and wafer which carried out [ above-mentioned ] preparation.

[0124] The following step 5 (assembly) is called an after process, is a process semiconductor-chip-ized using the wafer created by step 4, and includes processes, such as an assembly process (dicing, bonding) and a packaging process (chip enclosure). At step 6 (inspection), the check test of the semiconductor device produced at step 5 of operation, an endurance test, etc. are inspected. A semiconductor device is completed through such a process and this is shipped (step 7).

[0125] Drawing 25 shows the detailed flow of the above-mentioned wafer process.

[0126] The front face of a wafer is oxidized at step 11 (oxidation). An insulator layer is formed in a wafer front face at step 12 (CVD). At step 13 (electrode formation), an electrode is formed by vacuum evaporation on a wafer. Ion is driven into a wafer at step 14 (ion implantation). A sensitization agent is applied to a wafer at step 15 (resist processing). At step 16 (exposure), with the aligner which gave [ above-mentioned ] explanation, the circuit pattern of a mask is baked on a wafer and exposed. The exposed wafer is developed at step 17 (development). At step 18 (etching), parts other than the developed resist image are shaved off. The resist which etching could be managed with step 19 (resist exfoliation), and became unnecessary is removed. By carrying out by repeating these steps, a circuit pattern is formed on a wafer multiplex.

[0127] If the manufacture approach of this example is used, the semiconductor device of the high degree of



integration for which manufacture was difficult can be manufactured conventionally.

[0128]

[Effect of the Invention] According to this invention, by setting up each element as mentioned above, the approach of manufacturing a device using the aligner and this approach using the suitable image formation approach and this suitable approach which were improved carrying out image formation of the detailed pattern can be attained.

[0129] In addition, in case the pattern which has periodicity as mentioned above is projected on a predetermined side by the projection optical system according to this invention, the suitable image projection approach and suitable aligner for manufacture, and also the manufacture approach of the semiconductor device which can be projected by high contrast can be attained by making the polarization condition of the flux of light of using for projection correspond in the periodic direction of a pattern, and setting it up appropriately, maintaining high resolution.

---

[Translation done.]

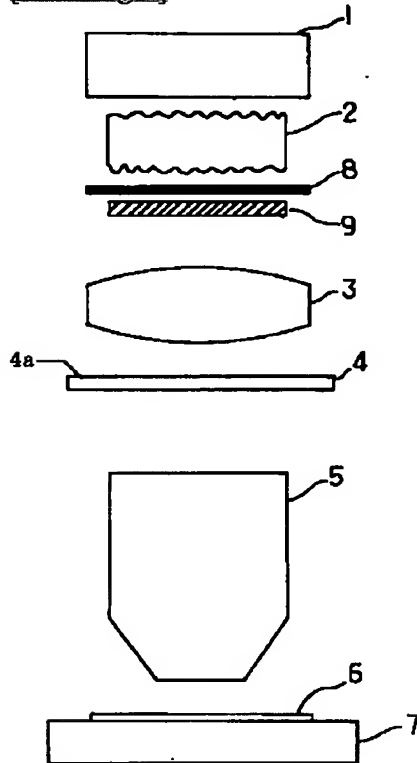
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

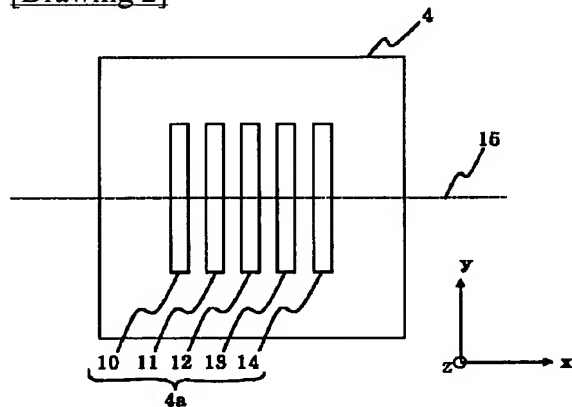
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

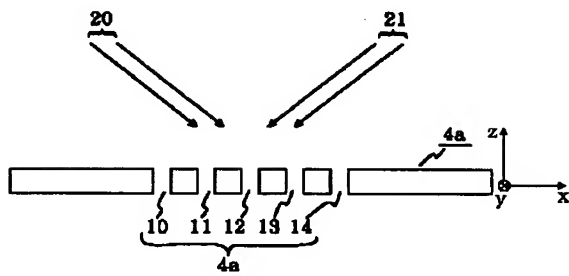
[Drawing 1]



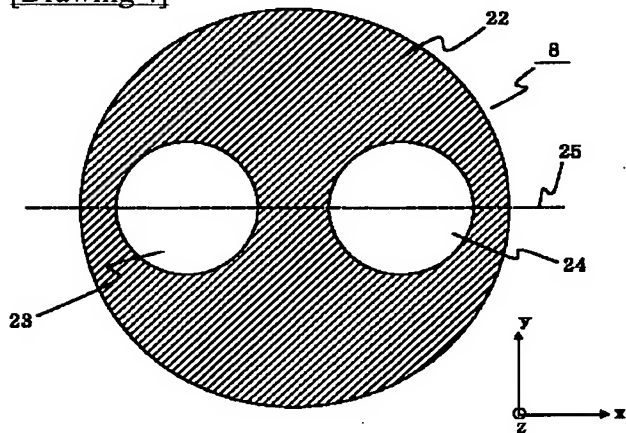
[Drawing 2]



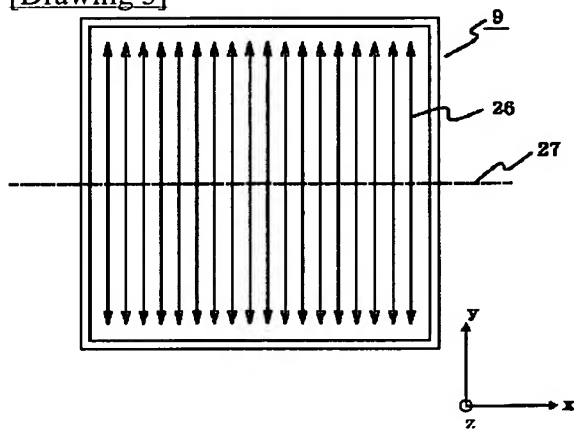
[Drawing 3]



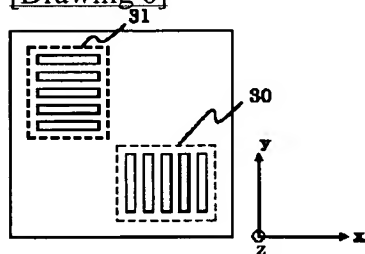
[Drawing 4]



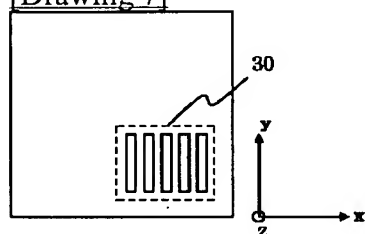
[Drawing 5]



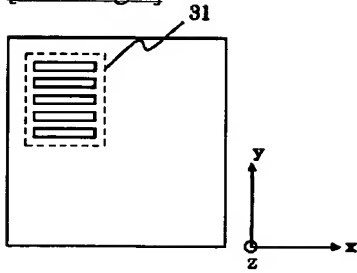
[Drawing 6]



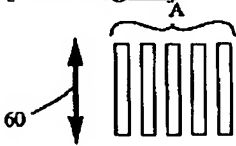
[Drawing 7]



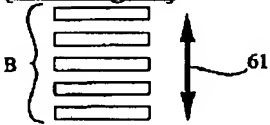
[Drawing 8]



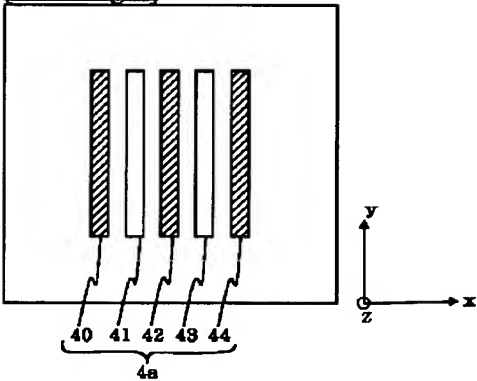
[Drawing 15]



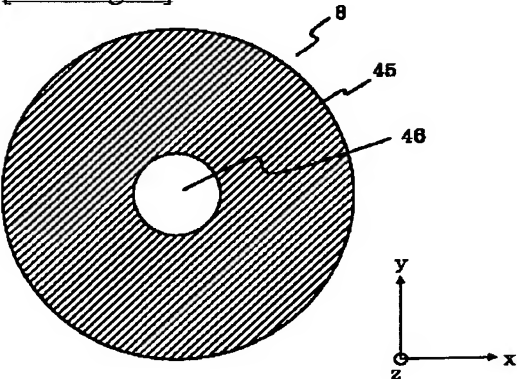
[Drawing 16]



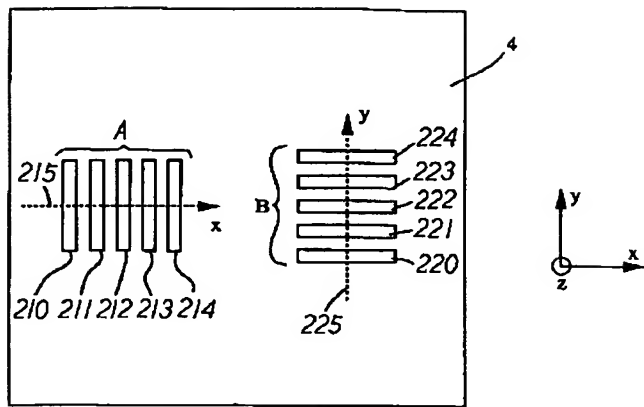
[Drawing 9]



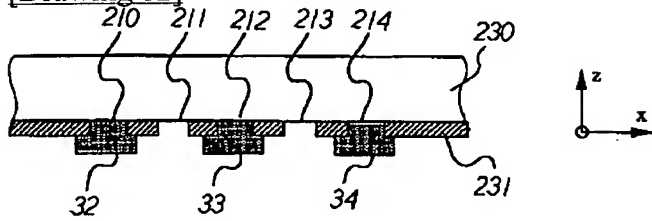
[Drawing 10]



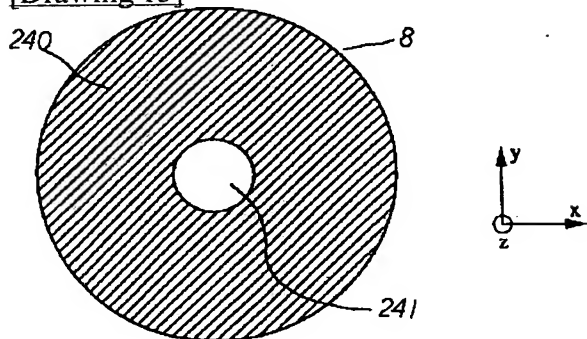
[Drawing 11]



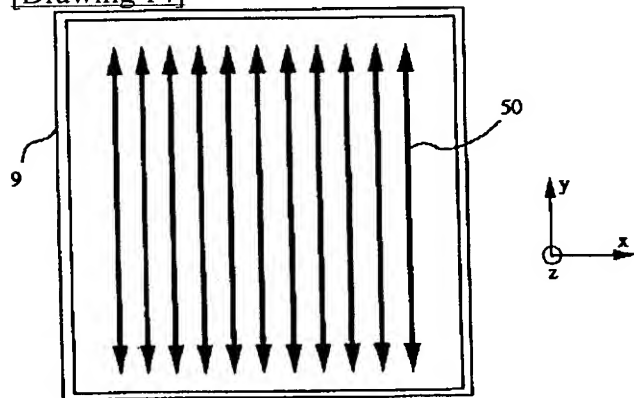
[Drawing 12]



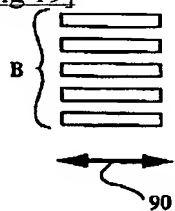
[Drawing 13]



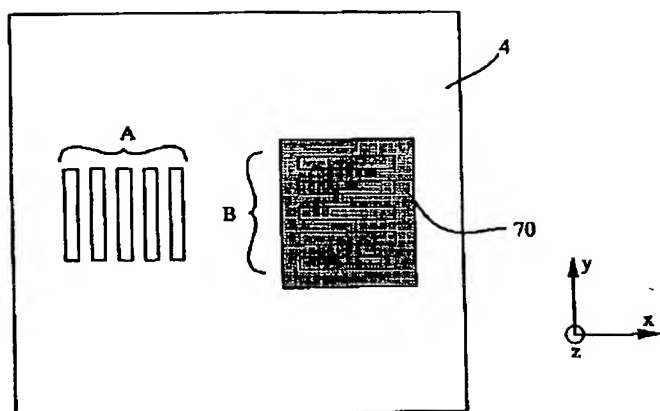
[Drawing 14]



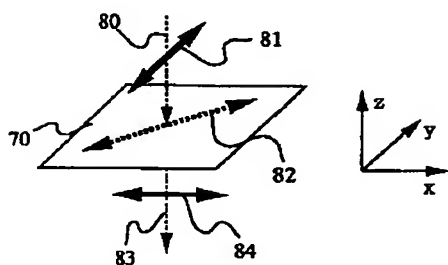
[Drawing 19]



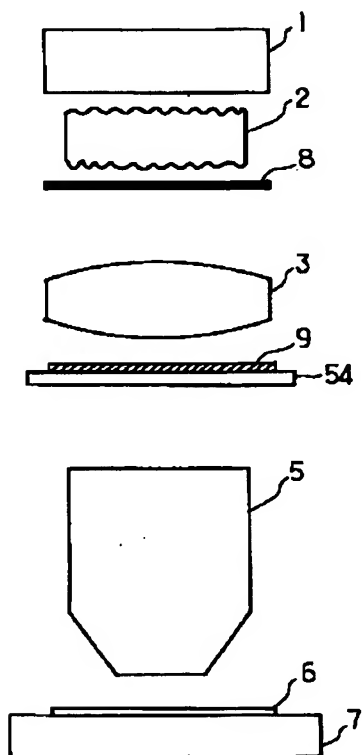
[Drawing 17]



[Drawing 18]

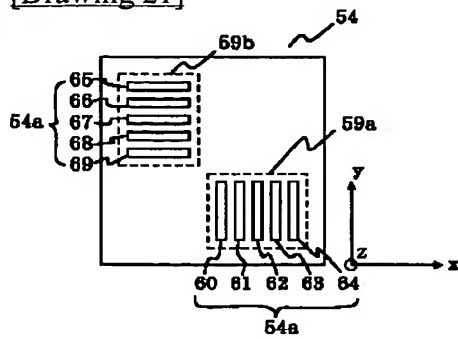


[Drawing 20]

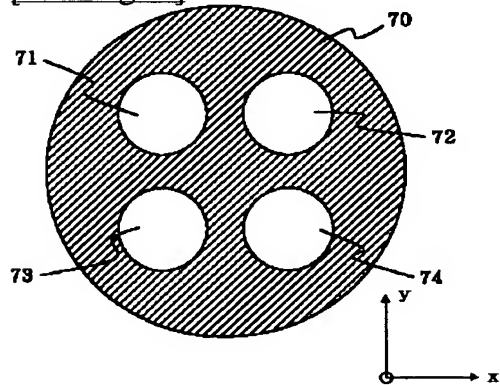




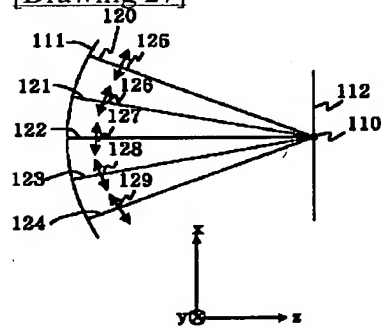
[Drawing 21]



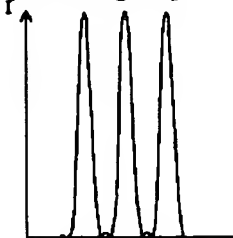
[Drawing 22]



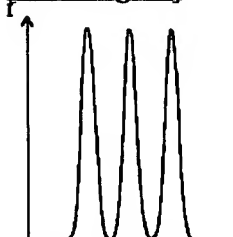
[Drawing 27]



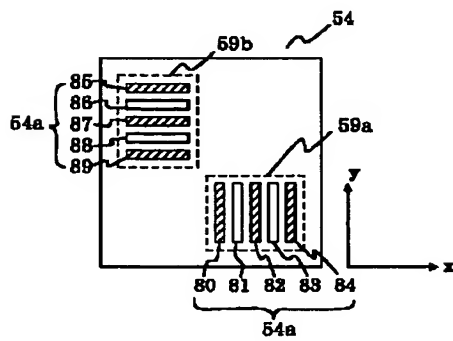
[Drawing 28]



[Drawing 29]

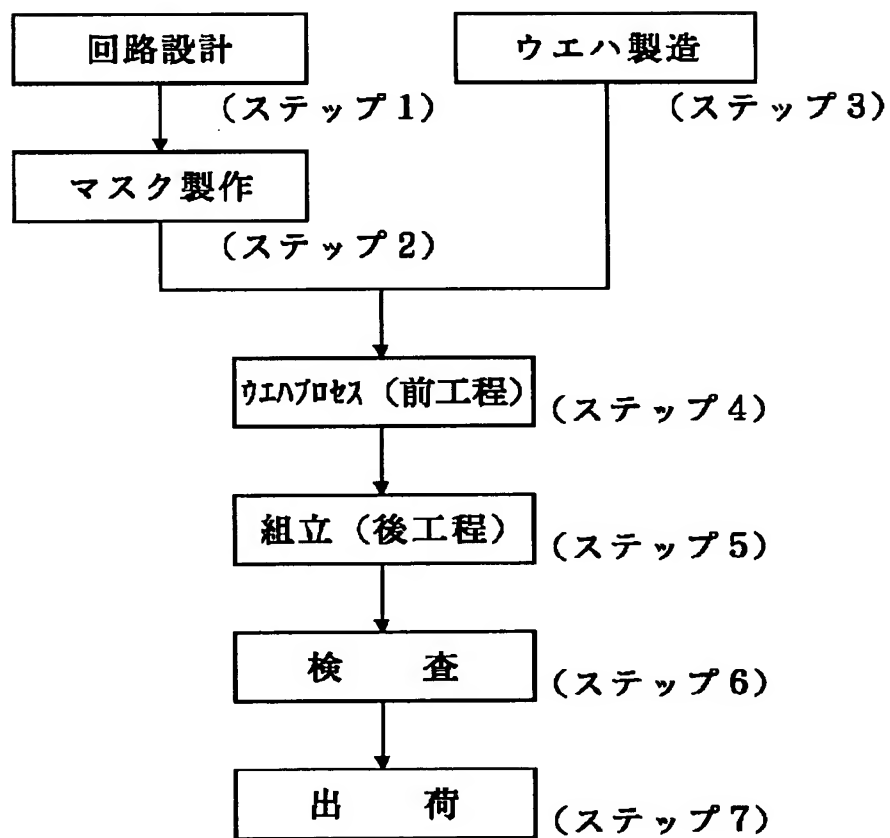


[Drawing 23]

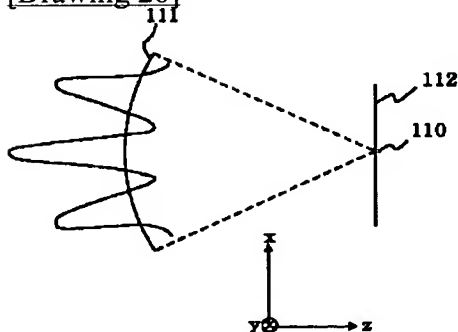


[Drawing 24]

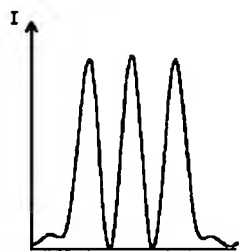
## 半導体デバイス製造フロー



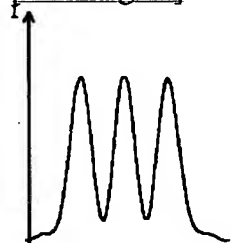
[Drawing 26]



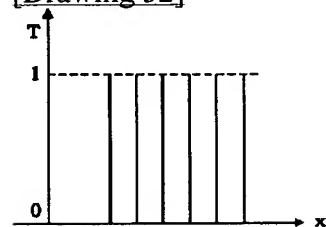
[Drawing 30]



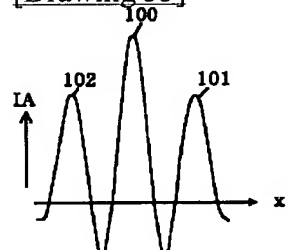
[Drawing 31]



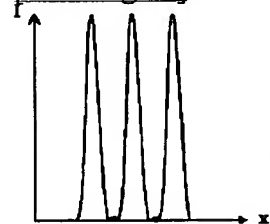
[Drawing 32]



[Drawing 33]

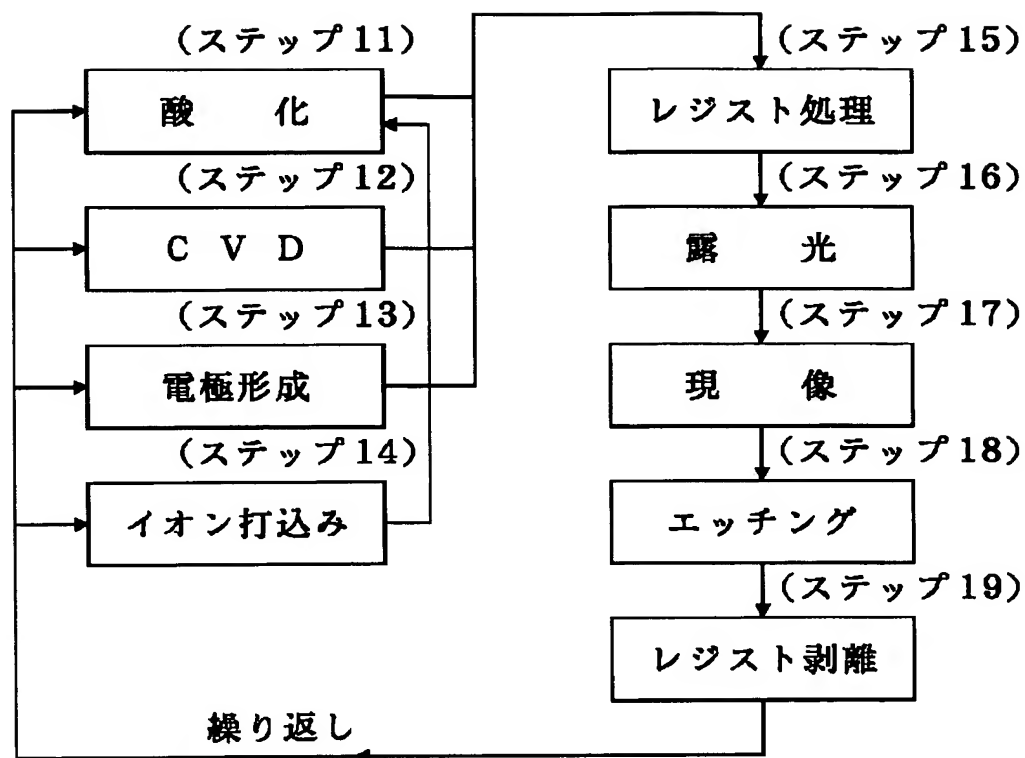


[Drawing 34]

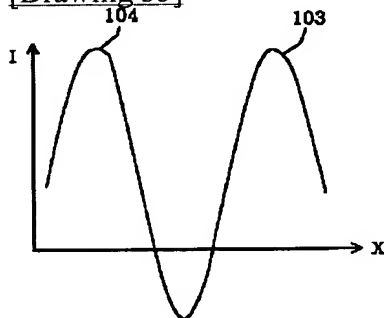


[Drawing 25]

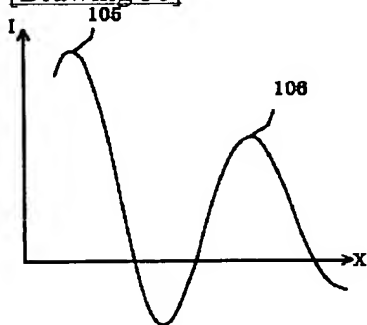
## ウエハプロセス



[Drawing 35]



[Drawing 36]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-188169

(43)公開日 平成6年(1994)7月8日

| (51)Int.Cl. <sup>5</sup> | 識別記号  | 庁内整理番号    | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|-------|-----------|-----|--------|
| H 0 1 L 21/027           |       |           |     |        |
| G 0 2 B 27/28            |       | A 9120-2K |     |        |
| G 0 3 F 7/20             | 5 2 1 | 7316-2H   |     |        |
| G 1 1 B 5/127            |       | D 7303-5D |     |        |
|                          |       | 7352-4M   |     |        |

H 0 1 L 21/ 30 3 1 1 L  
審査請求 未請求 請求項の数46(全 16 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-212198

(22)出願日 平成5年(1993)8月4日

(31)優先権主張番号 特願平4-247249

(32)優先日 平4(1992)8月24日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 咋野 靖行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ  
ノン株式会社内

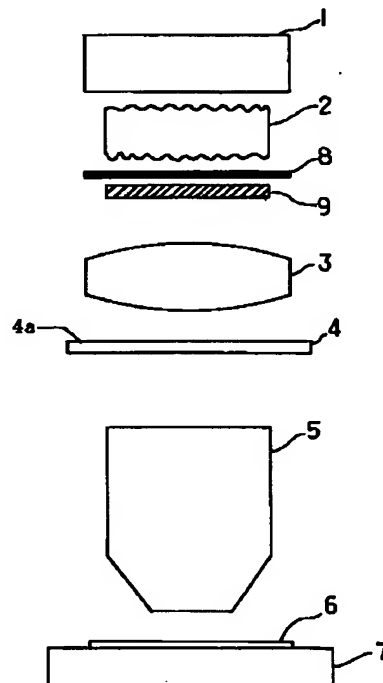
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 結像方法及び該方法を用いる露光装置及び該方法を用いるデバイス製造方法

(57)【要約】

【目的】 周期性のパターンを最適な偏光状態の光束を用いて高解像度で投影するようにした結像方法及び該方法を用いる露光装置を得ること。

【構成】 照明系からの光束でレチクル面上の周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンの像をウエハ面上に投影する際、偏光装置により該パターンの周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束を選択して投影していること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ライン状のパターンを該パターンの長手方向に偏光した偏光ビームで結像していることを特徴とする結像方法。

【請求項2】 前記偏光ビームにより前記パターンを照明していることを特徴とする請求項1の結像方法。

【請求項3】 偏光していないビームにより前記パターンを照明し、前記パターンからのビームから前記偏光ビームを抽出していることを特徴とする請求項1の結像方法。

【請求項4】 前記パターンの結像が実質的に前記パターンからの2つの回折ビームにより行われていることを特徴とする請求項1、2又は3の結像方法。

【請求項5】 前記パターンに照明用のビームが斜入射していることを特徴とする請求項4の結像方法。

【請求項6】 前記パターンは位相シフターを備えていることを特徴とする請求項4の結像方法。

【請求項7】 ライン状のパターンを加工片上に前記ラインの長手方向に偏光した偏光ビームで結像し、該加工片上に前記パターンを転写してデバイスを製造していることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項8】 前記偏光ビームにより前記パターンを照明していることを特徴とする請求項7のデバイス製造方法。

【請求項9】 非偏光ビームにより前記パターンを照明し、前記パターンからのビームから前記偏光ビームを抽出していることを特徴とする請求項7のデバイス製造方法。

【請求項10】 前記パターンの結像が実質的に前記パターンからの2つの回折ビームにより行われていることを特徴とする請求項7のデバイス製造方法。

【請求項11】 前記パターンに照明用のビームが斜入射していることを特徴とする請求項10のデバイス製造方法。

【請求項12】 前記パターンは位相シフターを備えていることを特徴とする請求項10のデバイス製造方法。

【請求項13】 ライン状のパターンを照明手段により前記パターンの長手方向に偏光した偏光ビームで照明し、前記照明手段からの偏光ビームで照明された前記パターンを投影手段により基板上に投影し、露光するようにしたことを特徴とする露光装置。

【請求項14】 前記照明手段は前記パターンに前記偏光ビームを斜入射させていることを特徴とする請求項13の露光装置。

【請求項15】 ライン状のパターンを照明手段により非偏光ビームで照明し、前記照明手段からの非偏光ビームで照明された前記パターンを投影手段により前記パターンの長手方向に偏光した偏光ビームにより基板上に投影し、露光するようにしたことを特徴とする露光装置。

【請求項16】 前記照明手段は前記パターンに前記非

偏光ビームを斜入射させていることを特徴とする請求項15の露光装置。

【請求項17】 繰り返しパターンを繰り返しの周期が最も小さくなる方向と実質的に直交する方向に偏光した偏光ビームで結像していることを特徴とする結像方法。

【請求項18】 前記偏光ビームにより前記パターンを照明していることを特徴とする請求項17の結像方法。

【請求項19】 偏光していないビームにより前記パターンを照明し、前記パターンからのビームから前記偏光ビームを抽出していることを特徴とする請求項17の結像方法。

【請求項20】 前記パターンはラインとスペースより成るパターンを含んでいることを特徴とする請求項17の結像方法。

【請求項21】 前記パターンはドット状のパターンを含んでいることを特徴とする請求項17の結像方法。

【請求項22】 前記パターンの結像が実質的に前記パターンからの2つの回折ビームにより行われていることを特徴とする請求項17、18、19、20又は21の結像方法。

【請求項23】 前記パターンに照明用のビームが斜入射していることを特徴とする請求項22の結像方法。

【請求項24】 前記パターンは位相シフターを備えていることを特徴とする請求項22の結像方法。

【請求項25】 繰り返しパターンを加工片上に前記繰り返しパターンの周期が最も小さくなる方向と実質的に直交する方向に偏光した偏光ビームで結像し、該加工片上に前記繰り返しパターンを転写し、デバイスを製造していることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項26】 前記偏光ビームにより前記パターンを照明していることを特徴とする請求項25のデバイス製造方法。

【請求項27】 非偏光ビームにより前記パターンを照明し、前記パターンからのビームから前記偏光ビームを抽出していることを特徴とする請求項25のデバイス製造方法。

【請求項28】 前記パターンはラインとスペースより成るパターンを含んでいることを特徴とする請求項25のデバイス製造方法。

【請求項29】 前記パターンはドット状のパターンを含んでいることを特徴とする請求項25のデバイス製造方法。

【請求項30】 前記パターンの結像が実質的に前記パターンからの2つの回折ビームにより行われていることを特徴とする請求項25、26、27、28又は29のデバイス製造方法。

【請求項31】 前記パターンに照明ビームが斜入射していることを特徴とする請求項30のデバイス製造方法。

【請求項32】 前記パターンは位相シフターを備えて



いることを特徴とする請求項30のデバイス製造方法。

【請求項33】 繰り返しパターンを照明手段により前記繰り返しパターンの周期が最も小さくなる方向と実質的に直交する方向に偏光した偏光ビームで照明し、前記照明手段からの偏光ビームで照明された前記パターンを投影手段により基板上に投影し、露光するようにしたことを特徴とする露光装置。

【請求項34】 前記照明手段は前記パターンに前記偏光ビームを斜入射させていることを特徴とする請求項33の露光装置。

【請求項35】 繰り返しパターンを照明手段により非偏光ビームで照明し、前記照明手段からの非偏光ビームで照明された前記パターンを投影手段により繰り返しパターンの周期が最も小さくなる方向と実質的に直交する方向に偏光した偏光ビームにより基板上に投影し、露光するようにしたことを特徴とする露光装置。

【請求項36】 前記照明手段は前記パターンに前記非偏光ビームを斜入射させていることを特徴とする請求項35の露光装置。

【請求項37】 周期性のあるパターンを該パターンの周期方向に対応した直線偏光の光束で照明し、該パターンを投影光学系により所定面上に投影するようにしたことを特徴とする像投影方法。

【請求項38】 周期性のあるパターンを該パターンの配列方向と直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束で照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンを所定面上に投影するようにしたことを特徴とする像投影方法。

【請求項39】 照明系からの光束を直線偏光の偏光方向を任意に変えて射出させることができる偏光装置を介して周期性のあるパターンをその周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する光束で照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンを所定面上に投影するようにしたことを特徴とする像投影方法。

【請求項40】 照明系からの光束でレチクル面上の周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンの像をウエハー面上に投影する際、該パターンを該パターンの周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束で照明していることを特徴とする露光装置。

【請求項41】 周期性のあるパターンを照明し、該パターンを投影光学系により所定面上に投影する際、該パターンの周期方向に対応した直線偏光の光束を用いて投影していることを特徴とする像投影方法。

【請求項42】 周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて該パターンを所定面上に投影する際、該パターンの配列方向と直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束を

用いて投影していることを特徴とする像投影方法。

【請求項43】 照明系からの光束で周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて該パターンを所定面上に投影する際、偏光装置により該パターンの周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する光束を選択して該パターンの投影を行っていることを特徴とする像投影方法。

【請求項44】 照明系からの光束でレチクル面上の周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンの像をウエハー面上に投影する際、偏光装置により該パターンの周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束を選択して投影していることを特徴とする露光装置。

【請求項45】 回路パターンを持った原版とウエハーとを用意する工程と、請求項37、38、39、41、42、43のいずれかの方法によって原版の回路パターンをウエハーに露光転写する工程を有することを特徴とする半導体素子製造方法。

【請求項46】 請求項45の製造方法によって製造されたことを特徴とする半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、結像方法及び該方法を用いる露光装置及び該方法を用いるデバイス製造方法に関する。

【0002】特に本発明は、ICやLSI、CCD、液晶パネル、磁気ヘッド等の各デバイスを製造する際に有用な結像方法及び該方法を用いる露光装置及び該方法を用いるデバイス製造方法に関する。

【0003】この他本発明は、半導体素子の製造装置であるステッパーにおいてレチクル又はマスク（以下「レチクル」と称する）面上の線幅の小さい電子回路パターン（パターン）を適切なる光束で照明し、ウエハー面上に高い解像力で投影することができる像投影方法及びそれを用いた露光装置に関するものである。

【0004】

【従来の技術】IC、LSI等の半導体チップの高集積化に対する要求が高まっているので紫外光により照明した回路パターンを縮小投影して転写を行う所謂ステッパー（縮小投影露光装置）の解像力の向上のために様々な改良がなされている。

【0005】従来、解像力を高める方法として、縮小投影レンズ系の開口数（NA）を大きくする方法、及び露光光の波長を短くする方法等が採られてきた。又、最近では、これらの方法とは別に位相シフト法や斜入射照明方法等、特に周期性のある微細パターン（繰り返し微細パターン）を結像するために有効な手法が提案されている。

【0006】周期性のある微細なパターンの結像について、以下に説明する。

【0007】図32は、3本の微細なスリットから成る繰り返しパターンを示すグラフであり、グラフの横軸にパターン位置Xを、縦軸に振幅透過率Tをとっている。図中、透過率1の部分は光が透過し、透過率0の部分は光が遮られる。

【0008】このような振幅透過率をもつ繰り返しパターンをコヒーレントな光で照明すると、入射光は0次、+1次、-1次、及び他の高次の回折光へと分かれる。このうち像の形成に寄与するのは投影光学系の瞳に入射する回折光のみであり、一般には0次、+1次、-1次の回折光が投影光学系の瞳に入射する。

【0009】図33は0次、 $\pm 1$ 次の回折光の瞳上における振幅を示す説明図である。図中100、101、102はそれぞれ0次、+1次、-1次の回折光のピーク位置を、1Aは振幅を表す。

【0010】図34は0次、 $\pm 1$ 次の回折光により形成されるパターン像の強度分布を示している。縦軸は強度Iを示している。通常の結像では、パターンの線幅が非常に小さくなって0次の回折光しか投影光学系の瞳に入射なくなると、もはやパターンの像は形成されなくなってしまう。

【0011】これに対して位相シフト法では、光が上記繰り返しパターンを透過する際、隣合うスリットからの回折光の位相が180度ずれるようにパターンに細工をすることにより、投影光学系の瞳上で0次の回折光成分が現れないようにし、パターンの像を+1次と-1次の回折光によって形成している。

【0012】3本の微細スリットから成る繰り返しパターンを、位相シフト法を用いて投影した際に投影光学系の瞳上にできる振幅分布を図35に示す。図中103、104はそれぞれ+1次、-1次の回折光成分のピーク位置を表す。この場合パターンの繰り返し周期を同じとすればピーク位置103、104間の距離が図33の $\pm 1$ 次の回折光のピーク位置間の距離に比べて半分になる。位相シフト法を用いると、パターンの空間周波数を見掛け上小さくすることができるので、より微細なパターンからの $\pm 1$ 次の回折光が瞳上に入射する。従って、解像度が向上する。

【0013】図33の瞳上の振幅分布は、パターンが描かれた平面に対して垂直な方向から光を入射させた場合のものであるが、この平面に斜めから光を入射させることによって、瞳上に振幅分布の位置を横方向にずらすのが斜入射法である。

【0014】図36は瞳上に0次と+1次の回折光が入るように繰り返しパターンに光を斜入射させたときの瞳上の振幅分布を示す説明図である。図中105、106はそれぞれ0次、+1次の回折光のピーク位置を表す。

【0015】図36に示す2つの回折光によって像を形

成することを考えれば、斜入射法でも、位相シフト法の場合と同様に、より微細なパターンからの回折光が瞳上に到達でき、解像度が向上する。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】前述した位相シフト法や斜入射照明法による解像度の向上の効果には周期性のパターンを照明する場合、光の偏光状態が大きくかわっていることが本発明者の行ったシュミレーションの結果から明らかになった。そのため、照明光の偏光状態をパターンに対して最適な状態にしないと、位相シフト法や斜入射照明法等を用いても大きな解像度の向上が得られないという問題点が生じてくる。

【0017】本発明の目的は、微細パターンを結像するのに好適な改良された結像方法及び該方法を用いる露光装置及び該方法を用いてデバイス製造する方法を提供することにある。

【0018】この他、本発明は周期性のあるパターンを投影光学系で所定面上に投影する際、投影に用いる光束の偏光状態をパターンの周期方向に対応させて適切に設定することにより、高い解像力を維持しつつ高いコントラストで投影することができる半導体素子の製造に好適な像投影方法及びそれを用いた露光装置の提供を目的とする。更には高集積度の半導体素子の製造方法の提供を目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】(1-1)本発明の第1の形態は、ライン状のパターンを結像する結像方法において、前記パターンの長手方向に偏光した偏光ビームで前記パターンを結像せしめることを特徴とする。

【0020】(1-2)本発明の第2の形態は、ライン状のパターンを加工片上に結像し、該加工片上に前記パターンを転写するデバイス製造方法において、前記パターンの長手方向に偏光した偏光ビームで前記パターンを結像せしめることを特徴とする。

【0021】(1-3)本発明の第3の形態は、ライン状のパターンで基板を露光する露光装置において、前記パターンの長手方向に偏光した偏光ビームにより前記パターンを照明する手段と前記照明手段により照明された前記パターンを前記基板上に投影する手段とを有することを特徴とする。

【0022】(1-4)本発明の第4の形態は、ライン状のパターンで基板を露光する露光装置において、前記パターンを非偏光ビームで照明する照明手段と前記照明手段により照明された前記パターンを前記パターンの長手方向に偏光した偏光ビームにより前記基板上に投影する投影手段とを有していることを特徴とする。

【0023】(1-5)本発明の第5の形態は、繰り返しパターンを結像する結像方法において、繰り返しの周期が最も小さくなる方向と実質的に直交する方向に偏光した偏光ビームで前記パターンを結像せしめることを特

徴とする。

【0024】(1-6) 本発明の第6の形態は、繰り返しパターンを加工片上に結像し、該加工片上に前記繰り返しパターンを転写するデバイス製造方法において、繰り返しの周期が最も小さくなる方向と実質的に直交する方向に偏光した偏光ビームで前記パターンを結像していることを特徴としている。

【0025】(1-7) 本発明の第7の形態は、繰り返しパターンで基板を露光する露光装置において、繰り返しの周期が最も小さくなる方向と実質的に直交する方向に偏光した偏光ビームにより前記パターンを照明する照明手段と前記照明手段により照明された前記パターンを前記基板上に投影する投影手段とを有することを特徴とする。

【0026】(1-8) 本発明の第8の形態は、繰り返しパターンで基板を露光する露光装置において、前記パターンを非偏光ビームで照明する照明手段と前記照明手段により照明された前記パターンを繰り返しの周期が最も小さくなる方向と実質的に直交する方向に偏光した偏光ビームにより前記基板上に投影する手段とを有することを特徴とする。

【0027】(1-9) 本発明において、偏光ビームでパターンを照明するときには、当該パターンが形成された基板上に偏光板(膜)を形成したり、偏光ビームを発するレーザー等の光源を設けたり、この照明の為の光学系中に偏光板(膜)を設ける。

【0028】また、本発明において、非偏光ビームで照明されたパターンを偏光ビームで結像するときには、当該パターンが形成されたマスク等の基板上に偏光板(膜)を形成したり、この結像の為の光学系中に偏光板(膜)を設ける。

【0029】本発明の好ましい形態では、上記照明光学系又は結像光学系の偏光板(膜)の方位を変え得よう当該偏光板(膜)を系の光軸の回りに回転できるよう構成する。この構成により所望の方向に偏光した偏光ビームが形成できる。

【0030】本発明の別の好ましい形態では、上記照明光学系又は結像光学系中に1/2波長板(膜)を設け、当該1/2波長板(膜)の光学軸の方位を変え得よう当該1/2波長板(膜)を系の光軸の回りに回転できるよう構成する。この構成により所望の方向に偏光した偏光ビームが形成できる。

【0031】又、本発明において、基板上に相異なるパターンが形成されており、これらのパターンの長手方向が互いに異なっていたり、これらのパターンの繰り返しの周期が最も小さい方向(最小周期方向)が互いに異なっているときには、夫々のパターンの長手方向又は/及び最小周期方向に直交する方向、に対応した偏光ビームにより各パターンを結像する。

【0032】このような結像を同時に行うとき各パター

ン毎にそれらに対応した偏光板(膜)を設けた状態で非偏光ビームを供給したり、一つのパターン以外の他のパターンにそれ又はそれらに対応した偏光を生じさせる為の1/2波長板(膜)を設けた状態で前記一つのパターンに対応した偏光ビームを供給したりする。この偏光板(膜)や1/2波長板(膜)はパターンの光入射側又は光射出側の少なくとも一方に設けるとよい。

【0033】このような結像を順次行うとき、照明光学系又は結像光学系を前記の好ましい形態の如く構成し、各パターンに対応する偏光ビームを発生させる。

【0034】本発明の好ましい形態では前記パターンが照明ビームにより斜方向から照明されたり、前記パターンに位相シフターが供給されたりし、前記パターンからの実質的に2つの回折ビームにより結像が行われる。

【0035】(1-10) 本発明の像投影方法は(1-10-イ) 周期性のあるパターンを該パターンの周期方向に対応した直線偏光の光束で照明し、該パターンを投影光学系により所定面上に投影するようにしたことを特徴としている。

【0036】(1-10-ロ) 周期性のあるパターンを該パターンの配列方向と直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束で照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンを所定面上に投影するようにしたことを特徴としている。

【0037】(1-10-ハ) 照明系からの光束を直線偏光の偏光方向を任意に変えて射出させることができる偏光装置を介して周期性のあるパターンをその周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する光束で照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンを所定面上に投影するようにしたことを特徴としている。

【0038】(1-10-ニ) 周期性のあるパターンを照明し、該パターンを投影光学系により所定面上に投影する際、該パターンの周期方向に対応した直線偏光の光束を用いて投影していることを特徴としている。

【0039】(1-10-ホ) 周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて該パターンを所定面上に投影する際、該パターンの配列方向と直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束を用いて投影していることを特徴としている。

【0040】(1-10-ヘ) 照明系からの光束で周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて該パターンを所定面上に投影する際、偏光装置により該パターンの周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する光束を選択して該パターンの投影を行っていることを特徴としている。

【0041】(1-11) 又、本発明の露光装置として

(1-11-イ) 照明系からの光束でレチクル面上の周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンの像をウエハー面上に投影する際、該パターンを該パターンの周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束で照明していることを特徴としている。

【0042】(1-11-ロ) 照明系からの光束でレチクル面上の周期性のあるパターンを照明し、該パターンから生じる回折光を投影光学系の瞳に入射させて、該パターンの像をウエハー面上に投影する際、偏光装置により該パターンの周期が最短となる方向に対して略直交する方向に偏光面を有する直線偏光の光束を選択して投影していることを特徴としている。

【0043】

$$A(x, y) = \iint F(U(x_1, y_1)) \exp\{ik(\alpha x + \beta y)\} d\alpha d\beta \quad \text{と書ける。}$$

式中  $F(U(x_1, y_1))$  はパターンの振幅透過率  $U(x_1, y_1)$  のフーリエ変換であり、このフーリエ変換を投影光学系の開口数で決まる瞳面の範囲内で再びフーリエ変換している。但し式中  $(\alpha, \beta)$  は瞳面上の座標であり、 $F(U(x_1, y_1))$  は  $(\alpha, \beta)$  の関数になっている。

【0046】この式は照明光がコヒーレントな場合の式であるが、照明光が部分コヒーレントな場合にも、扱いは多少複雑になるが、基本的には同じである。

【0047】上に述べた式を用いたシュミレーションでは、投影光学系の開口数が小さい場合は正しい結果が得られるが、その開口数が大きくなるといくつかの問題が生じることが、本発明者の行った検討により、明らかになった。

【0048】上式の一の問題点は入射光の偏光状態が考慮されていないことである。このことを図を用いて説明する。説明には前述の3本のスリットより成る繰り返しパターンの例を用いる。

【0049】図26は図33で示した瞳上の振幅分布を、投影光学系のガウス像点110を基準とした参照球面111上に描いている。像面112上の点110における振幅は、投影光学系の波面収差を無視すれば参照球面111上の振幅の積分によって決まり、又、像面112上で点110から距離  $x$  だけずれた点における振幅は、距離  $x$  と参照球面111上の座標から決まる、ある位相差を考慮して参照球面111上の振幅を、積分することによって計算される。

【0050】ここから先は、話を簡単にするために、点110における振幅の計算に議論を限ることにする。

又、ここで座標軸の定義を行っておく。

【0051】図26に示すように光軸を  $z$  軸とし、紙面内で  $z$  軸に垂直な軸を  $x$  軸、及び紙面に垂直な方向の軸を  $y$  軸とする。上に述べたスカラー回折理論による考え

\*【実施例】まず本発明の各実施例を説明する前に、一般的な結像特性のシュミレーションに用いられる所謂スカラー回折理論と、本発明者がシュミレーションに用いた上記スカラー回折理論よりも精度の高い理論について説明する。

【0044】スカラー回折理論では、物体のパターンが照明されると、そのパターンのフーリエ変換像が投影光学系の入射瞳上に形成され、このフーリエ変換像を投影光学系の開口数 (NA) の範囲内で再びフーリエ変換して、像面上にある振幅分布のパターン像が形成される。これを式で表現すると、像面上の点  $(x, y)$  における振幅  $A(x, y)$  は

【0045】

【数1】

方では、点110における振幅は参照球面111上の振幅をそのまま足し合わせた形で計算される。

【0052】光には偏光というものがあり、例え完全にコヒーレントな光同士であっても、その偏光方向が異なっていると完全には干渉しないし、それが例えば直交していると干渉は全く起こらない。

【0053】繰り返しパターンを構成するスリットの長手方向が  $y$  軸に平行で、繰り返しパターンが  $x$  軸方向に周期を持つとして、 $z$  軸に平行な方向から光でスリットを照明すれば参照球面111上では図26の振幅分布が形成される。照明光が  $y$  軸方向 (スリットに平行な方向) に偏光した直線偏光であり、投影光学系内で偏光方向の変化が無視できるとすれば、上記の振幅分布の各点における偏光方向も、照明光と同様に全ての位置で  $y$  軸方向となる。

【0054】スリットで回折された光のうち  $y$  軸方向に偏光した光のみで参照球面111上の振幅分布が形成されているとすると、像面112上に達する光の偏光方向もすべて同一となる。この場合も、点110における振幅は参照球面111上の振幅をそのまま積分することによって求まる。

【0055】一方、照明光が  $x$  軸方向 (スリットに直交する方向) に偏光した直線偏光である場合は図27に示すように、参照球面111から点110に向けた代表的な光線120~124を考えた場合、偏光方向と光の進行方向は直交するという条件から、光線120~124の偏光方向はそれぞれ図中125~129の矢印のようになる。この場合の偏光は  $x, z$  両偏光成分を持っており、点110における振幅はそれぞれの偏光成分毎に考える必要がある。点110における光の強度はそれぞれの偏光成分による振幅から得られる強度の合計となる。

【0056】次にこの考え方を適用してシュミレーショ

ンを行った結果について説明する。まず図33で説明した0次、+1次、-1次の回折光成分を用いる結像では、照明光の2つの偏光方向に対して、即ちスリットから回折される光のうちx軸方向とy軸方向のどちらの方向の偏光成分を用いるかによって得られる最終的な強度分布はそれぞれ図28、図29のようになる。

【0057】図28は照明光の偏光方向がスリットに平行な場合であり、像はy軸方向の偏光成分のみで形成される。一方、図29は照明光の偏光方向がスリットに垂直な場合であり、像はx偏光成分及びz偏光成分の合計として形成される。

【0058】同様のシュミレーションによって、位相シフト法や斜入射照明法のように、0次、+1次、-1次の3つの回折光のうちの2つの回折光を用いる結像を評価したものを、次に示す。

【0059】像面上の強度分布の結果のみを示すと、照明光の偏光方向がy軸方向（スリットに平行）の場合は図30に示す強度分布に、偏光方向がx軸方向（スリットに垂直）の場合は図31に示す強度分布になる。

【0060】ここでは、偏光方向がスリットに垂直な場合はz方向の偏光成分の影響で、偏光方向がスリットに平行な場合に比べて、像のコントラストがかなり悪い。通常の露光では照明光は無偏光の状態になっているので、強度分布は図30、図31の強度分布を平均したものになるが、その場合でも図31の強度分布に比べてコントラストが劣化する。

【0061】このように、照明光の偏光方向が結像特性に大きな影響を与えることが本発明者の行った精度の高いシュミレーションの結果から明らかになった。

【0062】特に、解像度を高めるために位相シフト法、又は斜入射照明法を適用した場合に、投影する周期性のあるパターンに対して照明光の偏光方向を適切に制御することにより、期待以上の解像度が得られる。

【0063】以上が本発明が行った結像特性に関するシュミレーションの結果である。

【0064】次に本発明の各実施例について説明する。

【0065】図1は本発明の像投影方法を半導体素子やCCDや液晶パネルや磁気ヘッド等のデバイス製造用のステッパー（ステップ&リピート型投影露光装置）に適用したときの実施例1の要部概略図である。

【0066】図中、1は超高压水銀灯等の光源である。光源1から出た光はオプティカルインテグレーター2によって光量分布が均一化された、アパーチャー8と偏光装置9を介して照明レンズ3によりレチクル4面上のパターン（回路パターン）4aを照明する。レチクル4のパターン4aで回折された光は、投影レンズ5に入射し、投影レンズ5を介してステージ7の上に載った半導体ウエハー6上にパターン4aの像を形成している。

【0067】ここでオプティカルインテグレーター2から射出した光は、その全ての光束が照明レンズ3に到達

するのではなく、オプティカルインテグレーター2に接近して置かれた開口絞りである所のアパーチャー8によって照明に適した部分のみが選択され、選択された光は偏光装置9を透過する際、その偏光状態が円又は楕円偏光又は非偏光の状態から直線偏光に変換される。偏光装置9は、直線偏光の偏光方向をパターン4aの繰り返し方向等の条件に応じて変えることができる。

【0068】レチクル4には、樽体ウエハー6上への転写を行うための線幅の小さい回路パターン4aが描かれており、照明レンズ3を介してレチクル4に入射する照明光は上記回路パターン4aに応じてレチクル4を透過する。半導体ウエハー6上にはレジスト等の感光材料が塗布されており、そこに回路パターン4aの像を転写することが可能になっている。

【0069】投影レンズ5はレチクル4上の回路パターン4aの像を半導体ウエハー6上に所定の倍率に縮小（一般に1/5又は1/10）して投影している。その際、レチクル4と半導体ウエハー6は、ステージ7を駆動することによって所定の位置関係に調整される。半導体ウエハー6上のあるショットへの露光が終了すると、半導体ウエハー6はステージ7によって水平方向に所定量移動され、そこで、半導体ウエハー6上の他ショットの露光を行うことを繰り返す。

【0070】本実施例ではレチクル4上の回路パターン4aとして図2に示すy方向に延びるスリットを5本x方向に並べた、x方向に周期性を有する繰り返しパターンを用いている。図中10～14が開口で、この開口10～4の周囲は遮光部より成り、光はこの部分のみを透過する。又、一点鎖線15はスリット状の開口10～14の繰り返し方向（x方向）に引いた基準線であり、後の説明で用いる。

【0071】ここでは、主光線がレチクル4に対して鉛直な方向から傾いた光束でレチクル4を照明することにより像のコントラストを向上させる。

【0072】図3は図2のパターン4aの一点鎖線15に沿った断面図である。斜入射照明法により光束20、21を傾ける方向としては、図3に示すようにパターン4aが繰り返しているZX平面内で光束の主光線が斜めになるようにする。この条件を満たすべく、本実施例ではアパーチャー8の開口を図4に示すよう構成している。尚、x軸はパターン4aの繰り返しの周期が最も小さくなる方向に向いている。

【0073】図4において斜線部分22は光が通らないように遮光されている遮光領域である。2つの円形開口23、24は光透過領域であり、この領域23、24からの光がパターン4aの結像に寄与する。図中、25は円形開口23、24の中心を通るように引いた基準線である。

【0074】図1のアパーチャー8で選択された照明光は次に、偏光装置9に入射する。偏光装置9は図5に示

10

20

30

40

50

すように、偏光装置9の上面から入射する光の偏光成分のうち、図中矢印26で示したy方向の偏光光のみを透過させ、他の方向の偏光光は遮るような構造になっている。図中一点鎖線27は上記矢印26に直交する方向に引いた基準線である。図1のレチクル4、アパーチャー8、そして偏光装置9の水平面内での配置は、図2、4、5中にそれぞれ示した基準線15、25、27がお互いに平行になるように設定している。

【0075】以上のような構成により、斜入射照明光の偏光方向をパターン4aのスリット方向に平行なy方向10になるようにして、即ちパターン4aの繰り返しの周期が最小となるx方向に直交するようにして、パターン4aの結像と焼付けを行うことにより、図30で説明したように高解像度で、かつコントラストの高い像を半導体ウエハー6上に得ている。レチクル4上のパターンとしてドット上の繰り返しパターンの場合も、同様の効果がある。

【0076】次に本実施例において、レチクル4上のパターン4aが、図2のように1方向に周期性のある単一15パターンのみでなく、図6に示すように各々が縦、横の(y, x)の2方向に周期性のある2つのパターンを持っている場合について説明する。

【0077】この場合、図6の破線30で囲まれた部分の繰り返しパターンは上述の方法を用いることにより、良好に投影転写を行うことができる。しかしながら破線31で囲まれた部分の繰り返しパターンについては照明光の偏光方向がスリットに直交する方向になるので同じような効果は得られない。

【0078】そこで本実施例では、図6のレチクルを図7と図8に示す2枚のレチクルに分割し、別々に露光して20している。即ち図7のパターンについては前述した通り、y方向に偏光した直線偏光光で焼付けを行い、図8のパターンについては、パターンが繰り返す平面内で照明光がレチクルに斜入射し、かつ照明光の偏光方向がスリットの長手方向に平行な方向となるように、即ちx方向に偏光した直線偏光光となるように、不図示の駆動装置によりアパーチャー8と偏光装置9を水平面内で光軸を中心に90度回転させてから固定してから焼付けを行っている。この方法はスリットのパターンが縦、横の2方向に限らず、他の方向になった場合も同様に適用可能である。40

【0079】又、図6に示すように一つのレチクルに2種類の繰り返しパターンがある場合、レチクルと共役な場所に設けたマスキングブレードを用いて各パターンを順次照明するようにし、上記方法で各パターンを偏光光で照明する。

【0080】本実施例ではレチクル上のパターンは5本のライン&スペースで形成されているとして説明を行ったが、5本以外のライン&スペースパターンについても同様に適用可能である。又、ライン&スペースの幅の比

は1対1に限られるものではなく、更にパターンの周期がある程度不規則になった場合でも本発明は同様に適用可能である。

【0081】又、本実施例において偏光装置9を照明レンズ3とレチクル4との間又はレチクル4と投影レンズ5との間又は投影レンズ5の内部(瞳面上)に配置しても良い。

【0082】偏光装置9をレチクル4と投影レンズ5との間に配置したときは、偏光装置9によってレチクル4上のパターン形状に応じてパターン4aで回折された回折光のうち、特定の方向に偏光した偏光光が選択され、この選択された偏光光束のみが投影レンズ5に入射するようになる。そしてこの偏光光束でパターン4aの像をウエハー6上に投影する。

【0083】次に本発明の実施例2について説明する。実施例2の装置構成は図1の実施例1と略同じである。実施例2が実施例1と異なる点はレチクル4上のパターンに位相シフト法を適用していることである。

【0084】図9は本実施例のレチクル4上のパターン4aの説明図である。同図に示すようにパターン4aが5本のy方向に延びるスリット状の開口40~44から成っている点は図1の実施例1と同じであるが、図9のパターンは斜線部分40、42、44に透過する光の位相を部分41、43を透過する光に対して180度変化させる位相シフターが設けられている点に特徴がある。

【0085】又、本実施例ではアパーチャー8の形状としては図10に示すように斜線部分45の遮光部で囲まれた中心の円形部分46の開口からの光のみが透過できるものを用いている。

【0086】本実施例では、パターン4aとアパーチャー8を用いて実施例1と同様の偏光装置9を組み合わせ、図9中のパターン4aに対して、照明光の偏光方向がスリットの長手方向に平行な方向(y方向)となるようにしている。これによって位相シフト法を用いて良好なパターンの焼付けを行っている。

【0087】又、レチクル4上のパターン4aが図9のように1種類でなく、図6のように相異なる方向に繰り返しが生じている複数種の場合でも、実施例1と同様に同じ向きのパターン毎にレチクルを複数枚用いたりマスキングブレードを用いて分割して焼付けを行うことにより、対処できる。

【0088】次に本発明の実施例3について説明する。実施例3の装置構成も図1の実施例1と略同じである。

【0089】本実施例ではレチクル4上のパターン4aとして、図11に示すものを用いる。図11中、4はレチクルであり、座標系を前記各実施例と同じくxy面をレチクル4と平行、z軸をレチクル4に垂直になるように定めておく。図11中、210~214はパターンAのスリット状開口部であり、開口部210~214は矢印215で示すx方向に繰り返しパターンを構成してい



る。

【0090】同様に220～224はパターンBのスリット状開口部であり、開口部220～224は矢印225で示すy方向に繰り返しパターンを構成している。パターンA、パターンBの夫々に位相シフト法が適用されている。位相シフト法を適用したパターンA、Bの詳細を図12を用いて説明する。

【0091】図12は図11に示したパターンAについて矢印215に沿った断面を描いたものである。図12中、230は透明なガラス基板であり、斜線部231はクロムより成る遮光部である。遮光部231と開口部210～214により周期パターンAが形成されている。位相シフト法は、開口部を透過する光の位相を隣り合う開口部の間で180度ずつ変化させることにより、結像系の解像度を向上させるものであり、図12中の32～34がそこを透過する光の位相を180度変化させる位相シフターを示している。

【0092】周期パターンBに関しても矢印225に沿った断面図は図12と同様になる。位相シフト法を適用したパターンの結像には、レチクル4に垂直な方向(z方向)から照明を行えば良いので、アパーチャー8としては図13に示すように、周辺の斜線部240が遮光部、中心の241が開口となっているものを用いる。

【0093】本実施例では偏光装置9として図14に示すものを適用する。偏光装置9は、そこに入射する光のうち図14中、両矢印50で示したy方向の偏光光のみを透過させるように構成されている。即ち、本実施例におけるステッパーの照明光は、偏光装置9を透過した後はy軸方向に偏光面を有する直線偏光光となる。

【0094】以上の構成でレチクル4上のパターン4aを照明すると、パターンA、Bと照明光の偏光方向の関係は図15及び図16に示すようになる。即ち、パターンAに対しては、図15に示すように偏光方向60はパターンを構成するスリットの長手方向と平行になり、これは前述の通り解像度が向上する条件を満たす。

【0095】一方パターンBに対しては図16に示すように偏光方向61はパターンを構成するスリットの長手方向に垂直になっており、このままではパターンBに対してはパターンAほどの解像度の改善はできない。

【0096】そこで本実施例ではパターンBに入射する直線偏光光束の偏光面を90度回転させて、パターンBのスリットに平行な方向の直線偏光光束でパターンBを照明できるようにしている。

【0097】図17は図11と同様、パターンA、パターンBを示した、レチクル4の平面図であるが、図17のレチクル4はパターンBの直前に入射する直線偏光光束の偏光面を90度回転させる偏光変換装置70を偏光している点の特徴である。偏光変換装置70としては、例えば1/2波長板を適用できる。1/2波長板を適用した際の偏光面回転の様子を図24を用いて説明する。

【0098】図18中、矢印80の方向に進み両矢印81の方向(y方向)に偏光した直線偏光光束に対して偏光変換装置(ここでは1/2波長板)の光学軸82の方向をx軸と45度の角度をなすように配置すると、偏光変換装置70を透過した後の光束は、矢印83の方向に進み、両矢印84で示すようにx軸方向に偏光した直線偏光光束に変換される。

【0099】偏光変換装置70をパターンBの直前に配置することにより、パターンBと照明光束の偏光方向の関係は図19に示すようになる。即ち、両矢印90が示す偏光の方向がパターンBを構成するスリットと平行な関係になるため、パターンBに対してもパターンAと同様の解像度の向上が実現できることになる。

【0100】偏光変換装置70として旋光性を持った光学物質を適用すれば、直線偏光光束の偏光面の回転の大きさは偏光変換装置70の厚みによって制御することが可能になり、その場合には厚みの制御により直線偏光光束の偏光面の回転角度が90度以外の様な値に設定できるため、様々な方向の繰り返しパターンに対して解像度の向上が可能となる。

【0101】本実施例では照明を行うパターンには位相シフト法が適用されているとして説明を行ったが、斜入射照明法を用いた場合でも適用することができるのは言うまでもない。

【0102】以上の各実施例において偏光装置9をレチクル1の表面又は裏面上に形成する変形例がある。

【0103】図20は本発明の像投影方法を半導体素子の製造用のステッパーに適用したときの実施例4の要部概略図である。図中、図1で示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0104】図20において、光源1、オブティカルインテグレーター2、照明レンズ3、レチクル4、投影レンズ5、半導体ウエハー6、ステージ7等はそれぞれ図1のものと同様であるのでここでは省略する。

【0105】実施例4が実施例1～3と異なる点は、偏光装置の設置されている光路中の位置である。本実施例では偏光装置59をレチクル54の直前(照明レンズ3とレチクル54の間)に配置し、レチクル54に入射する光の偏光状態をレチクル54の直前で制御する構成になっている。

【0106】ここで、本実施例のレチクル54上のパターン54aは図21に示すように縦方向(y方向)に延びるスリット60～64より成る繰り返しパターンと横方向(x方向)に延びるスリット65～69より成る繰り返しパターンとからなっている。このように、縦横方向のパターンに対して斜入射照明で解像度を向上させるには、アパーチャー8の開口を図22のようにすれば良い。

【0107】図22中の斜線部70は遮光部で4隅に設けた円形開口部71～74が光透過部となっており、こ

の開口71～74からの光をレチクル4に斜め入射させる。

【0108】本実施例ではこのような斜入射照明法に対して、パターン54aに入射する光の偏光方向がスリットの長手方向に対して常に平行になるように、偏光装置59を配置したものである。

【0109】図21中の59a、59bは入射した光のうちある一つの方向に偏光した直線偏光光のみを透過させる偏光部材であり、偏光部材59aは入射した光のうちスリット60～64の長手方向に平行な方向（y方向）、に偏光した偏光光のみを透過するように設置されている。

【0110】一方、偏光部材59bはスリット65～69の長手方向に平行な方向（x方向）に偏光した偏光光のみを透過させるように配置されている。偏光装置59としては、薄膜状の偏光板をその偏光軸方向を対応するパターンに合わせて決めてレチクル54上に貼りつけたもの等が適用可能である。

【0111】本実施例では、レチクル54上のパターン54aとして縦横2方向に延びるスリットを持つものについて説明したが、それ以外の方向に延びるスリットを持つパターンに対しても同様に適用可能である。

【0112】尚、本実施例において偏光装置9をレチクル54の直後（レチクル54と投影レンズ55との間）に配置しても良い。

【0113】このとき偏光装置9はレチクル54上に種々の方向に延びるスリットがあってもスリットから回折された光のうち、それぞれの方向のスリット毎に独立にスリットの長手方向に偏光した偏光光を選択できるよ

うにし、そして、この偏光光で結像するようにしている。

【0114】次に本実施例の実施例5について説明する。実施例5の装置構成は図1の実施例1と略同じである。実施例5が実施例4と異なるのはレチクル4上のパターンに位相シフト法を適用していることである。

【0115】図23は本実施例のレチクル54面上のパターン54aの説明図である。同図に示すレチクル54上のパターンは縦方向（y方向）に延びるスリット80～84、及び横方向（x方向）に延びるスリット85～89から構成されている点では図21のパターンと同様であるが、本実施例では図中のスリットで斜線が施されている部分80、82、84、85、87、89に透過する光の位相を部分81、83、86、88を透過する光に対して180度変化させる位相シフト部材を設けている点が異なっている。

【0116】59a、59bは偏光部材であり、レチクル54に円もしくは楕円に偏光した光もしくは非偏光光が入射したときに、その光のうちスリットの長手方向に偏光した偏光光のみをスリットに入射させている。又、アパーチャー8としては実施例2の場合と同様図13に示したものをを用いている。

【0117】本実施例では以上のような構成によって、位相シフト法によって解像度の向上を図り、かつレチクル54上に縦横方向のパターンがある場合でも、各パターンに適した偏光光で半導体ウエハー6上に結像している。

【0118】ここではレチクル54上のパターンとして縦横2方向に延びるスリットを持つもので説明したが、それ以外の方向に延びるスリットを持つパターンに対しても同様に適用可能である。

【0119】ここではレチクル上のパターンが5本のライン&スペースで形成されている場合を例にとり示したが、5本以外のライン&スペースパターンについても同様に適用可能である。又、ライン&スペースの幅の比は1対1に限られるものではなく、更にパターンの周期性がある程度不規則になった場合でも同様に適用可能である。

【0120】又、ランプと偏光装置を用いず、直線偏光光を発するレーザーを露光用の光源としても良い。又偏光装置を用いるときやレーザーを用いるときに1/2波長板を光路に入れ、これを回転させて所望の偏光光を作

るようにしても良い。

【0121】次に上記説明した露光装置を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図24は半導体素子（ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。

【0122】ステップ1（回路設計）では半導体素子の回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0123】一方、ステップ3（ウエハー製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハーを製造する。ステップ4（ウエハープロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハーを用いてリソグラフィ技術によってウエハー上に実施例の回路を形成する。

【0124】次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウエハーを用いて半導体チップ化する工程であり、アセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステ

ップ5で作製された半導体素子の動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体素子が完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0125】図25は上記ウエハープロセスの詳細なフローを示す。

【0126】ステップ11（酸化）ではウエハーの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハー表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハー上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込）ではウエハーにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハーに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光装

置によってマスクの回路パターンをウエハーに焼付け露光する。ステップ 17（現像）では露光したウエハーを現像する。ステップ 18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハー上に多重に回路パターンが形成される。

【0127】本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体素子を製造することができる。

【0128】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、微細パターンを結像するのに好適な、改良された結像方法及び該方法を用いる露光装置及び該方法を用いてデバイスを製造する方法を達成することができる。

【0129】この他本発明によれば以上のように周期性のあるパターンを投影光学系で所定面上に投影する際、投影に用いる光束の偏光状態をパターンの周期方向に対応させて適切に設定することにより、高い解像力を維持しつつ高コントラストで投影することができる半導体素子の製造に好適な像投影方法及び露光装置、更には製造方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の像投影方法をステッパーに適用したときの実施例 1 の要部概略図

【図 2】 図 1 のレチクルの説明図

【図 3】 図 1 のレチクルに対する照明光の様子を示す説明図

【図 4】 図 1 のアパーチャーの説明図

【図 5】 図 1 の偏光装置の説明図

【図 6】 図 1 のレチクルの他の実施例の説明図

【図 7】 図 6 の一部分の説明図

【図 8】 図 6 の一部分の説明図

【図 9】 本発明の実施例 2 にかかるレチクルの説明図

【図 10】 本発明の実施例 2 にかかるアパーチャーの説明図

【図 11】 レチクル上のパターンを表す図

【図 12】 図 11 のレチクル上のパターンの断面を表す図

【図 13】 本発明の実施例 3 に係るアパーチャーを表す図

【図 14】 本発明の実施例 3 に係る偏光装置を表す図

【図 15】 図 11 のパターンと照明光の偏光の関係を表す図

【図 16】 図 11 のパターンと照明光の偏光の関係を

表す図

【図 17】 本発明の実施例 3 に係るレチクル上のパターンを表す図

【図 18】 本発明の実施例 3 に係る偏光変換装置の働きを表す図

【図 19】 図 17 のパターンと照明光の偏光の関係を表す図

【図 20】 本発明の像投影方法をステッパーに適用したときの実施例 4 の要部概略図

10 【図 21】 図 11 の一部分の説明図

【図 22】 図 11 の一部分の説明図

【図 23】 本発明の実施例 5 に係るレチクルの説明図

【図 24】 本発明に係る半導体素子の製造方法のフローチャート図

【図 25】 本発明に係る半導体素子の製造方法におけるウエハープロセスのフローチャート図

【図 26】 瞳上の振幅分布を表す説明図

【図 27】 光線の角度による偏光方向の違いを説明するための説明図

20 【図 28】 スリットに平行な方向に偏光した光を用いたときの像面上の強度分布を表す説明図

【図 29】 スリットに垂直な方向に偏光した光を用いたときの像面上の強度分布を表す説明図

【図 30】 スリットに平行な方向に偏光した光を用いたときの位相シフト法、斜入射照明による像面上の強度分布の説明図

【図 31】 スリットに垂直な方向に偏光した光を用いたときの位相シフト法、斜入射照明による像面上の強度分布の説明図

30 【図 32】 繰り返しパターンの振幅透過率を表す説明図

【図 33】 瞳上の振幅分布を表す説明図

【図 34】 像面上の強度分布を表す説明図

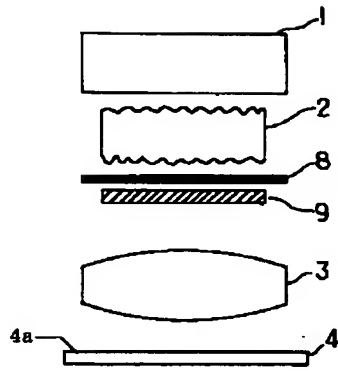
【図 35】 位相シフト法を用いた場合の瞳上の振幅分布を表す説明図

【図 36】 斜入射照明を用いた場合の瞳上の振幅分布を表す説明図

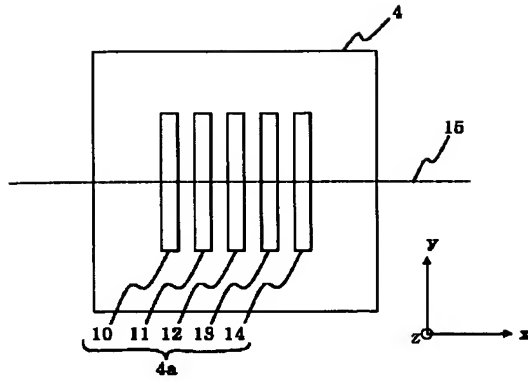
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 オプティカルインテグレーター
- 3 照明レンズ
- 4 レチクル
- 5 投影レンズ
- 6 半導体ウエハー
- 7 ステージ
- 8 アパーチャー
- 9 偏光装置

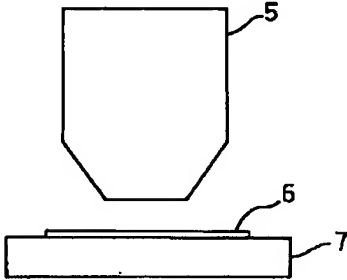
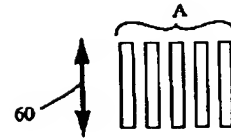
【図1】



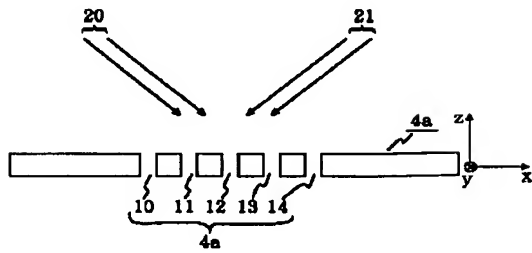
【図2】



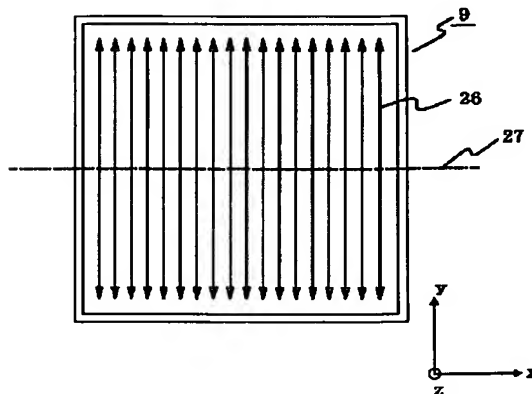
【図15】



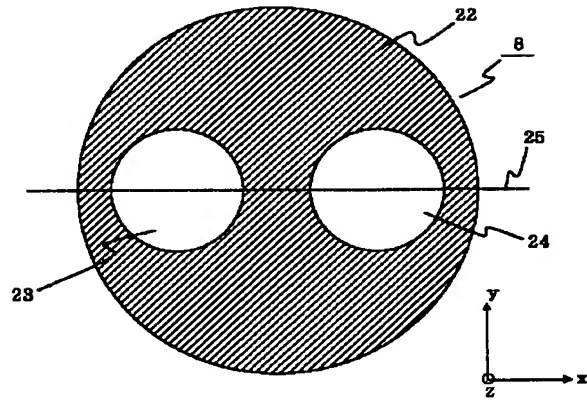
【図3】



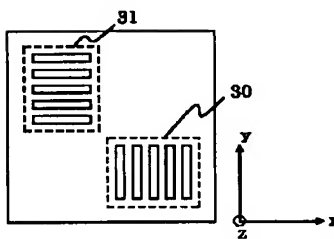
【図5】



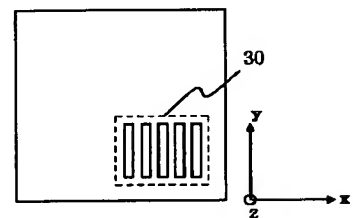
【図4】



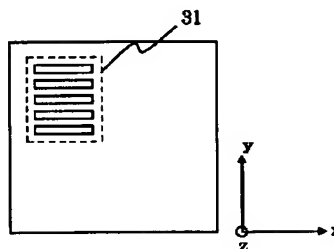
【図6】



【図7】



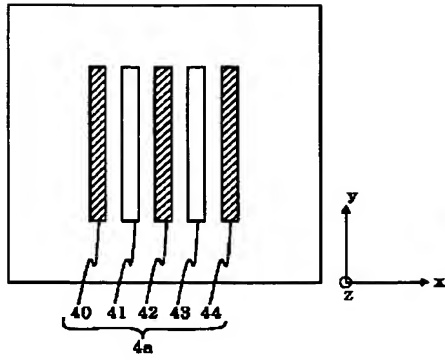
【図8】



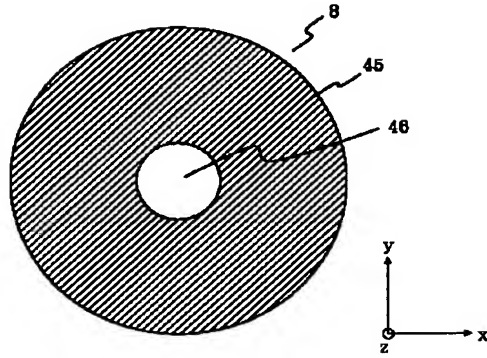
【図16】



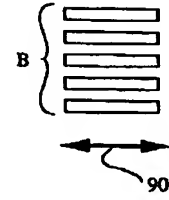
【図9】



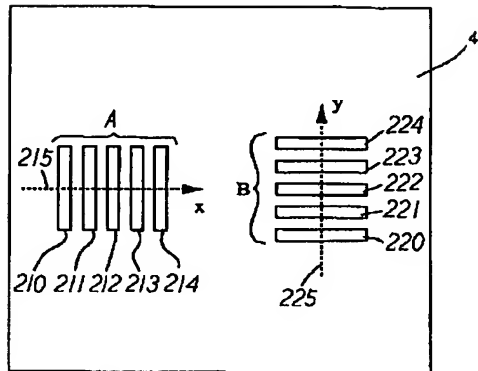
【図10】



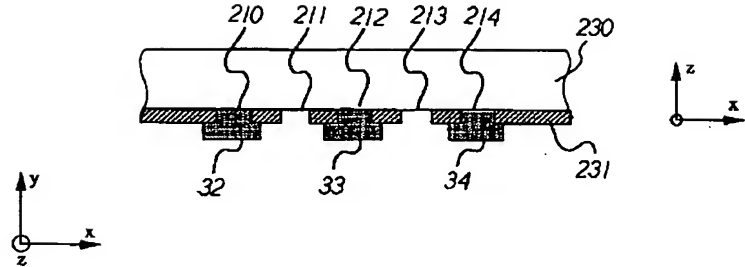
【図19】



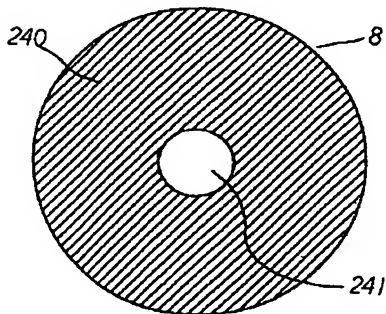
【図11】



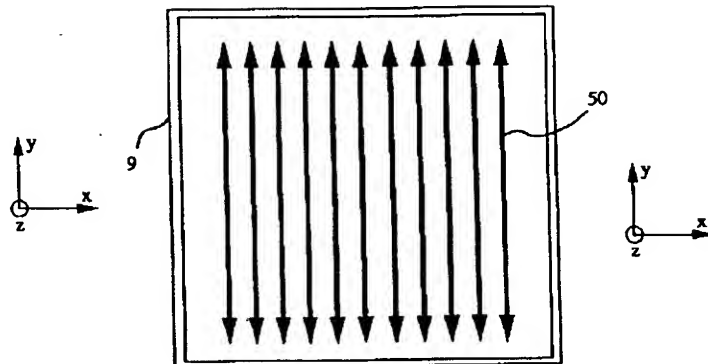
【図12】



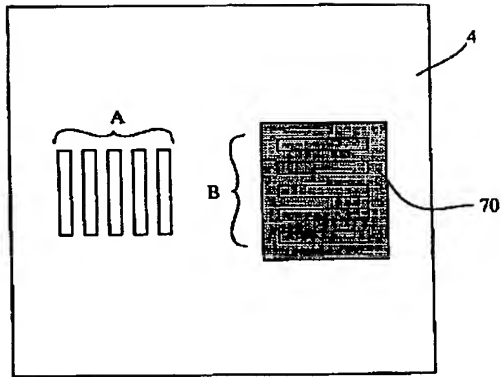
【図13】



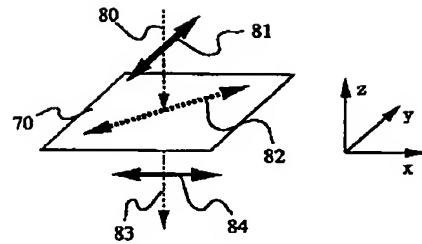
【図14】



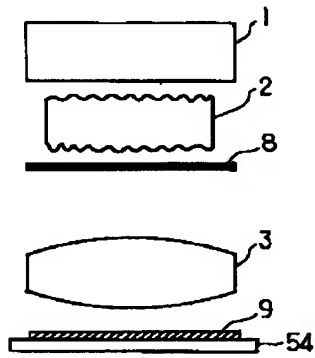
【図17】



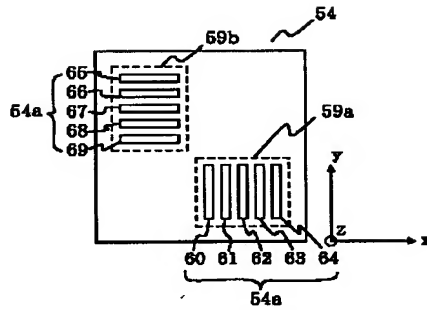
【図18】



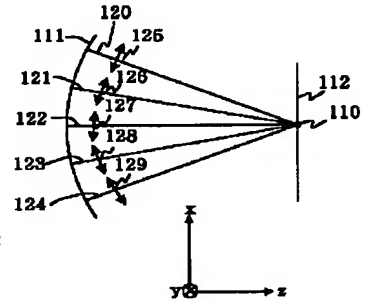
【図20】



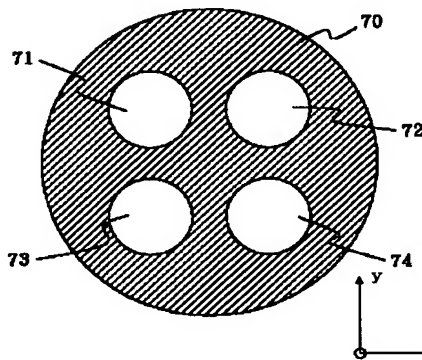
【図21】



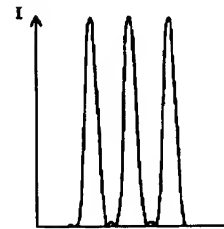
【図27】



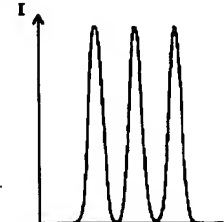
【図22】



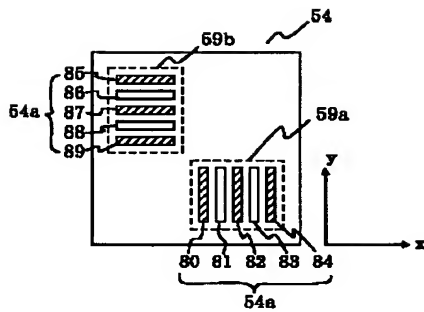
【図28】



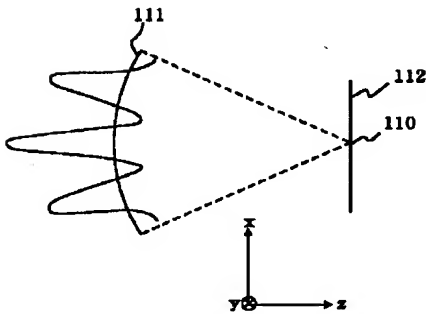
【図29】



【図23】

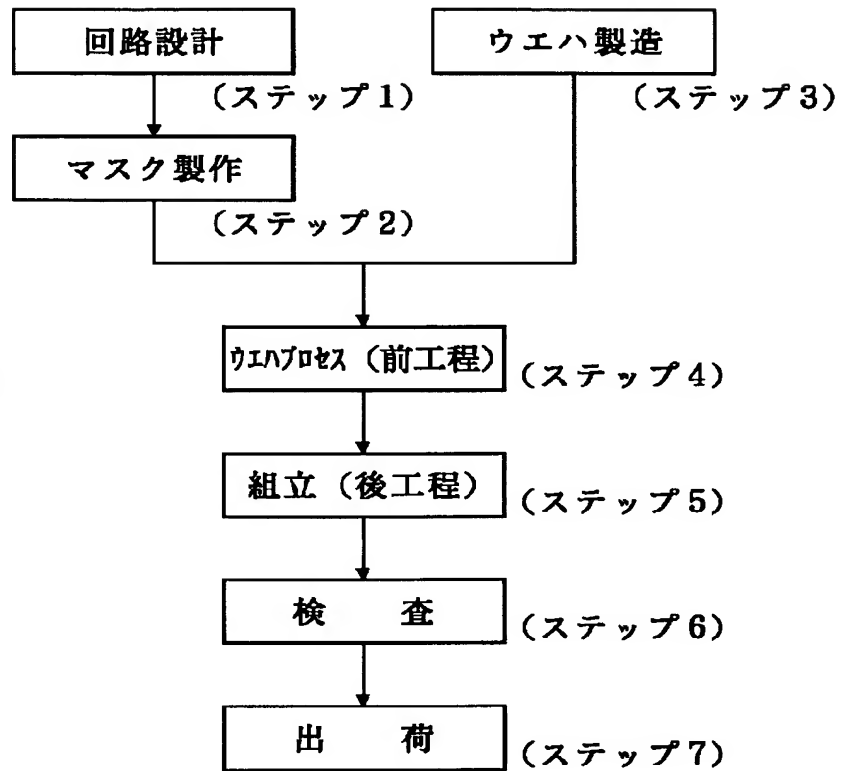


【図26】

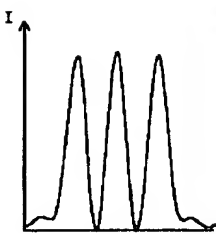


【図24】

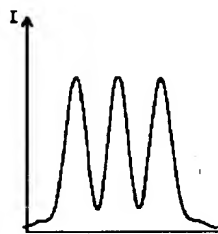
## 半導体デバイス製造フロー



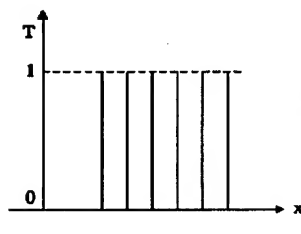
【図30】



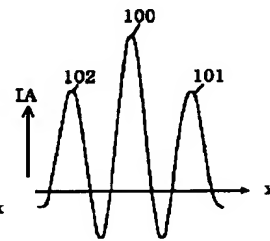
【図31】



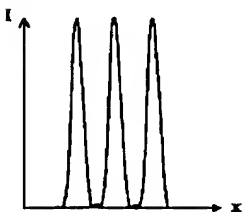
【図32】



【図33】

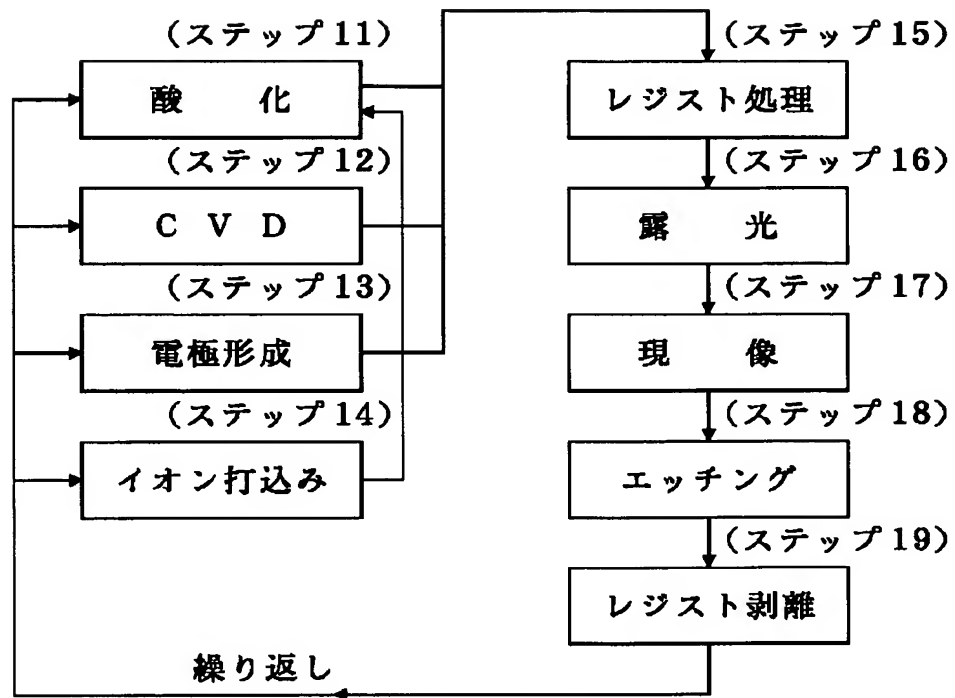


【図34】

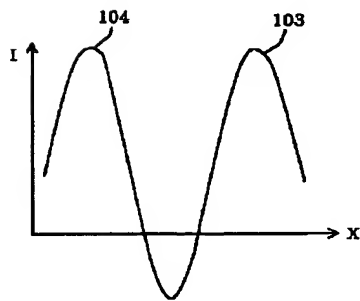


【図25】

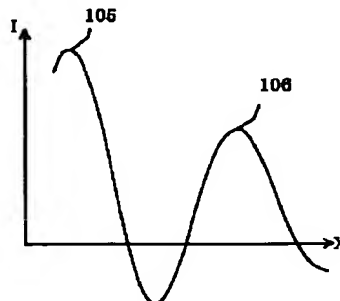
## ウエハプロセス



【図35】



【図36】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
G11B 5/31

識別記号 庁内整理番号  
M 8947-5D

F I

技術表示箇所